



**Daniela Ferreira Tomás DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE
RECOLHA DE DADOS PARA CONTROLO DO
PROCESSO DE FABRICO E ASSEMBLAGEM
ELETRÓNICA**



**Daniela Ferreira Tomás DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE RECOLHA
DE DADOS PARA CONTROLO DO PROCESSO DE
FABRICO E ASSEMBLAGEM ELETRÓNICA**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Professora Doutora Ana Maria Pinto de Moura, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro e coorientação da Doutora Leonor da Conceição Teixeira, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

*“See the animal in his cage that you built
Are you sure what side you're on?
Better not look him too closely in the eye
Are you sure what side of the glass you are on?
See the safety of the life you have built
Everything where it belongs
Feel the hollowness inside of your heart
And it's all...
Right where it belongs*

*What if everything around you
Isn't quite as it seems?
What if all the world you think you know
Is an elaborate dream?
And if you look at your reflection
Is it all you want it to be?
What if you could look right through the cracks?
Would you find yourself..
Find yourself afraid to see?”*

Trent Reznor

o júri

presidente

Prof. Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira
Professor Associado Com Agregação da Universidade de Aveiro

Prof.^a Doutora Maria Isabel Calapez Cabrita Leal Seruca
Professora Associada da Universidade Portuguesa Infante D. Henrique

Prof.^a Doutora Ana Maria Pinto de Moura
Professora Associada da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à Universidade de Aveiro por me ter acolhido nestes últimos anos. À minha orientadora Professora Doutora Ana Moura e coorientadora Professora Doutora Leonor Teixeira pela disponibilidade, paciência e apoio dado no desenvolvimento deste projeto.

À Exatronic pela oportunidade de realizar o meu projeto no contexto empresarial real e por toda confiança dada. Em especial ao Eng.º Pedro do Mar por toda a ajuda e orientação disponibilizada e aos restantes colaboradores por todo o carinho e experiência partilhada.

Ao Pedro Marques, por todos os conselhos, pelo tempo investido para me ajudar, pela força dada, pela amizade e pelos sorrisos sempre presentes ao longo deste projeto, deixo um especial agradecimento.

Aos amigos sempre presentes, à Andreia, à Ísis, ao Nelson, ao Miguel, aos Bzinhos, ao Telmo, ao meu Patrão Fábio e à Peça Carol, pelo grande apoio e por todos os momentos e aventuras que vou sempre relembrar e pela grande amizade que desejo que dure para sempre.

Ao Gang das Teses, Raquel, Fred, Russo e Sapage por toda a amizade, companhia e apoio que me deram em tempos difíceis.

Ao Vasco Santos e ao Pedro Barros pelos conselhos e pela ajuda que disponibilizaram.

Aos companheiros da Academia de Verão da UA, pelos laços de amizade, aprendizagens e crescimento que ganhei em tão pouco tempo.

Aos amigos que me acolheram no curso de Biotecnologia e no Departamento de Química, em especial ao Bruno Saraiva.

Por fim, um agradecimento especial aos meus pais, ao meu irmão e aos meus avós que sempre me apoiaram e acreditaram em mim, foram e sempre serão uma força e um exemplo para mim.

P.S.: Sim Mãezinha, acabei finalmente o curso. ♥

palavras-chave

Sistemas de informação, Aplicações Móveis, Android, Registo de dados, Planeamento e Controlo da Produção, Lean Thinking, Balanceamento de linha

resumo

Atualmente, perante os desafios que são obrigadas a enfrentar para se destacar da concorrência, as organizações englobadas no seio industrial necessitam cada vez mais de melhorar o controlo e a monitorização do sector da produção. A evolução das tecnologias aliada ao constante e rápido crescimento das estruturas de redes móveis de comunicação, tem potenciado o desenvolvimento de soluções tecnológicas em diversos sectores, principalmente no sector da produção.

Neste sentido, este trabalho teve como principal objetivo o desenvolvimento de uma aplicação móvel para sistemas Android, com o intuito de fazer o registo de dados, dando suporte ao planeamento e controlo da produção. Além do desenvolvimento, implementação e teste da aplicação foi efetuado um estudo do seu impacto na organização alvo, não só em termos de otimização dos processos, como também em termos da viabilidade da sua utilização pelos recursos humanos.

A partir dos dados recolhidos pela aplicação móvel, foram calculados o tempo de ciclo, *Lead Time* e Índice de Rendimento Operacional Global das tarefas e foi efetuado o balanceamento do processo produtivo seguido da identificação dos gargalos. Por último, foram sugeridas medidas de ação sobre o processo produtivo no sentido de aumentar a eficiência deste.

keywords

Information systems, Mobile Applications, Android, Data Logging, Planning and Production Control, Lean Thinking, Line Balancing

abstract

Nowadays organizations in the industrial sector are faced with a myriad of challenges to stand above their competition. Technological development coupled with a constant and swift growth of the mobile and communication networks has empowered the development of technological solutions in various sectors, primarily in the manufacturing sector.

This paper introduces a mobile application developed for Android systems. Its goal is to store data, allowing it to support the planning and control of production. On top of the development, implementation and testing of the application, a study was carried to ascertain the impact of the same within the target organization, not only in terms of process optimization but also as to the viability of its use by human resources.

Data collected by the mobile application allowed the measurement of cycle time, lead time and global operational efficiency index of the production's tasks, followed by the identification of possible bottlenecks. Finally, with the goal to increase the line's efficiency, action measures were suggested on the productive process.

Índice

1.	Introdução	1
1.1.	Objetivos do Trabalho.....	2
1.2.	Metodologia Adotada.....	2
1.3.	Estrutura do Relatório	3
2.	Enquadramento Teórico	5
2.1.	Lean Manufacturing	5
2.1.1.	Balanceamento de linhas	7
2.1.2.	Gargalos e Restrições	8
2.2.	Índice de Rendimento Operacional Global - IROG	8
2.3.	Sistemas de Informação	10
2.3.1.	Manufacturing Execution Systems – MES	11
2.3.2.	Implementação de Sistemas de Informação	13
2.3.3.	Sistemas de informação com suporte de novas tecnologias de informação	15
3.	Caso de Estudo.....	19
3.1.	Apresentação da Empresa	19
3.2.	Definição do problema	19
3.3.	Descrição do processo produtivo	20
3.4.	Sistema Atual de recolha de dados.....	24
4.	Aplicação Móvel de Suporte ao Controlo da Produção	27
4.1.	Descrição da ExatronicApp em termos de Requisitos	28
4.2.	Descrição da ExatronicApp em termos de Estrutura e Tecnologia	31
4.3.	Estudo de viabilidade da utilização da ExatronicApp.....	38
4.3.1.	Impacto operacional	38
4.3.2.	Avaliação funcional da ExatronicApp	43
4.4.	Sugestões de melhorias ao sistema implementado.....	45
5.	Recolha e Análise de Dados.....	49
5.1.	Recolha de Dados.....	49
5.2.	Tempos de Execução, Tempo de Ciclo e Lead Time de Produção	50
5.3.	Balanceamento da linha de produção.....	53
5.3.1.	Balanceamento da linha no Cenário Simples	55
5.3.2.	Balanceamento da linha no Cenário 16S.....	56
5.3.3.	Balanceamento da linha no Cenário 20S.....	57
5.3.4.	Análise e avaliação das soluções de balanceamento dos diversos cenários	59
5.3.4.1.	Medição de Eficiência de Tarefas	60

5.4.	Identificação de problemas na linha de produção	62
6.	Considerações Finais.....	67
6.1.	Trabalho Futuro.....	69
7.	Referências	71
8.	Anexos.....	75

Índice de Figuras

Figura 1 - Plano de tarefas do trabalho desenvolvido	2
Figura 2 - Benefícios da redução do desperdício	5
Figura 3 - Principais tipos de sistemas de informação	12
Figura 4 - Diagrama de atividades do fluxo do processo produtivo.....	23
Figura 5 - Diagrama de Casos de Uso com as funcionalidades da ExatronicApp	29
Figura 6 - Diagrama de Classes da ExatronicApp	30
Figura 7 - Distribuição de versões de sistemas Android	32
Figura 8 - Diagrama de atividades do fluxo de utilização da ExatronicApp.....	33
Figura 9 - Interfaces da ExatronicApp, para visualização de (a) OPrd e (b) respetivos detalhes (interfaces manipuladas para anonimizar produtos).....	33
Figura 10 - Interfaces da ExatronicApp, para visualização de (a) das tarefas e (b) respetivos detalhes da tarefa selecionada (interfaces manipuladas para anonimizar produtos)	34
Figura 11 - Interfaces da ExatronicApp, exemplificando o registo de dados (interfaces manipuladas para anonimizar produtos).....	34
Figura 12 - Diagrama de atividades da interface Registo	36
Figura 13 - Diagrama de sequências da ExatronicApp	37

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Distribuição de questões por categoria a avaliar	39
Tabela 2 - Frequências absolutas para as respostas da categoria "Facilidade de Aprendizagem" ...	39
Tabela 3 - Frequências absolutas para as respostas da categoria "Facilidade de utilização"	40
Tabela 4 - Frequências absolutas para as respostas da categoria "Percepção da Utilidade"	41
Tabela 5 - Frequências absolutas para as respostas da categoria "Percepção da Utilidade"	42
Tabela 6 - Limitações e respetivas soluções encontrados relativamente à ExatronicApp	45
Tabela 7 - Tarefas que participaram na recolha de dados	50
Tabela 8 - Tempos de Execução de tarefas medidos pelo novo sistema de recolha de dados e capacidade das tarefas	51
Tabela 9 - Tempos de Execução estimados das tarefas de execução única por OP	52
Tabela 10 - Tarefas, e respetivos TE, envolvidas no balanceamento do Cenário Simples	55
Tabela 11 - Balanceamento do Cenário Simples.....	56
Tabela 12 - Tarefas, e respetivos TE, envolvidas no balanceamento do Cenário 16S	56
Tabela 13 - Balanceamento do Cenário 16S	57
Tabela 14 - Tarefas, e respetivos TE, envolvidas no balanceamento do Cenário 20S	58
Tabela 15 - Balanceamento do Cenário 20S	58
Tabela 16 - Resultados das soluções de balanceamento dos três cenários.....	59
Tabela 17 - Eficiência das operações por via de cálculo do IROG	61
Tabela 18 - Tarefas identificadas como gargalos e respetivos focos de ação	63

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Caixa de bigodes dos valores obtidos na categoria "Facilidade de Aprendizagem"	40
Gráfico 2 - Caixa de bigodes dos valores obtidos na categoria "Facilidade de utilização"	40
Gráfico 3 - Caixa de bigodes dos valores obtidos na categoria "Percepção de Utilidade"	41
Gráfico 4 - Caixa de bigodes dos valores obtidos na categoria "Aceitação da tecnologia"	42
Gráfico 5 - IROG das tarefas por ordem decrescente	62

Índice de Equações

Equação 1 - Fórmula do IROG	9
Equação 2 - Fórmula do IROG	9
Equação 3 - Tempo de Ciclo	51
Equação 3 - Número Teórico Mínimo de Postos de Trabalho	54
Equação 4 - Eficiência do Balanceamento	54
Equação 5 - Percentagem de Tempo Inativo	54

Glossário

API – *Application Programming Interface*
CIM - *Computer Integrated Manufacturing*
ERP - *Enterprise Resource Planning*
FIS - *Factory Information System*
IDE - *Integrated Development Environment*
IROG - Índice de Rendimento Operacional Global
JDK - *Java Development Kit*
MES - *Manufacturing Execution System*
MESA - *Manufacturing Enterprise Systems Association*
MP - Matéria Prima
OEE - *Overall Equipment Efficiency*
OP - Ordem de Produção
OPrd - Ordens de Produção
PCB – *Printed Circuit Board*
PTH - *Pin Through Hole*
RRC - Recurso com Restrição de Capacidade
SDK - *Software Development Kit*
SI - Sistemas de Informação
SMT - *Surface Mount Technology*
TC - Tempo de Ciclo
TE - Tempo de Execução
TEEP - *Total Effective Equipment Productivity*
THT - *Through Hole Technology*
TPM - *Total Productive Maintenance*
TPS - *Toyota Production System*
WIP - *Work in Progress*

1. Introdução

Atualmente, com o constante aumento da competitividade, a procura pela excelência ao nível da produtividade tem crescido exponencialmente no seio das organizações. Assim, esta realidade torna cada vez mais uma necessidade conhecer minuciosamente os recursos e processos existentes numa organização, principalmente em relação à área da produção, onde é realmente criado e agregado valor aos produtos finais.

No entanto, para que as organizações maximizem o conhecimento sobre os seus recursos e processos, é necessário que estas encontrem formas de recolher informação precisa e de qualidade. Deste modo, considera-se de extrema importância a existência de mecanismos de controlo e monitorização do processo produtivo de forma a garantir a sua eficácia, tirando assim um maior proveito de toda a informação recolhida.

A principal razão pela qual o uso das novas tecnologias de informação tem vindo a aumentar junto das organizações advém da possibilidade de criação de ferramentas úteis para melhorar a comunicação, processar textos e dados, dar acesso a base de dados, entre outros (Verde, 1997). Em especial, os sistemas de informação proporcionam a otimização da comunicação nos processos organizacionais, dando assim apoio à tomada de decisões dos gestores das diferentes áreas, na medida em que possibilitam a disponibilização de informação em diferentes níveis temporais: passado e presente (Rascão, 2004).

A motivação inerente a este trabalho resulta do facto da recolha de dados do processo produtivo ser feita de forma manual e registada em formato papel por parte dos colaboradores. Este processo obriga a um gasto de tempo significativo quer na recolha em si, quer na transposição dos dados para formato digital por forma a poderem ser tratados. Adicionalmente, tendo em conta que não havia quaisquer dados históricos sobre o processo produtivo do produto escolhido para o estudo, este tinha pouca informação inerente ao seu processo de fabrico. Desta forma, o caso de estudo começa por uma análise da sua situação atual, bem como a reestruturação do esquema de tarefas e especificação destas.

Desta forma, considerando o problema identificado, a recolha de dados automatizada no processo produtivo foi considerada de elevada importância, destacando-se pela recolha contínua e em tempo real à semelhança de um *Manufacturing Execution System* (MES). Deste modo, foi desenvolvido e implementado sobre a linha de produção de um produto um novo sistema de recolha de dados de suporte eletrónico, a *ExatronicApp*, uma aplicação *Android*. Sobre esta, foi efetuado um estudo de impacto, quer ao nível da otimização dos processos envolvidos, quer ao nível da viabilidade da sua utilização por parte dos recursos humanos.

Por fim, os dados recolhidos foram analisados com o intuito de apresentar melhorias no processo produtivo. Tal análise permitiu retirar conclusões quanto aos níveis de eficiência da linha, identificar lacunas no processo produtivo e criar medidas de ação na linha de produção que se mostraram relevantes para uma melhoria contínua da produção.

1.1. Objetivos do Trabalho

Neste contexto, o presente trabalho teve como principais objetivos:

- (i). Desenvolver e implementar um sistema de recolha de dados de suporte eletrónico, a *ExatronicApp*, bem como estudar a avaliação do mesmo sistema;
- (ii). Proceder à análise e tratamento dos dados recolhidos pelo sistema acerca do processo produtivo do produto considerado.

1.2. Metodologia Adotada

Este trabalho foi teve a duração de 8 meses na empresa Exatronic e, de acordo com os objetivos estabelecidos para este trabalho, foi seguido o plano de trabalhos presente no diagrama da figura 1.

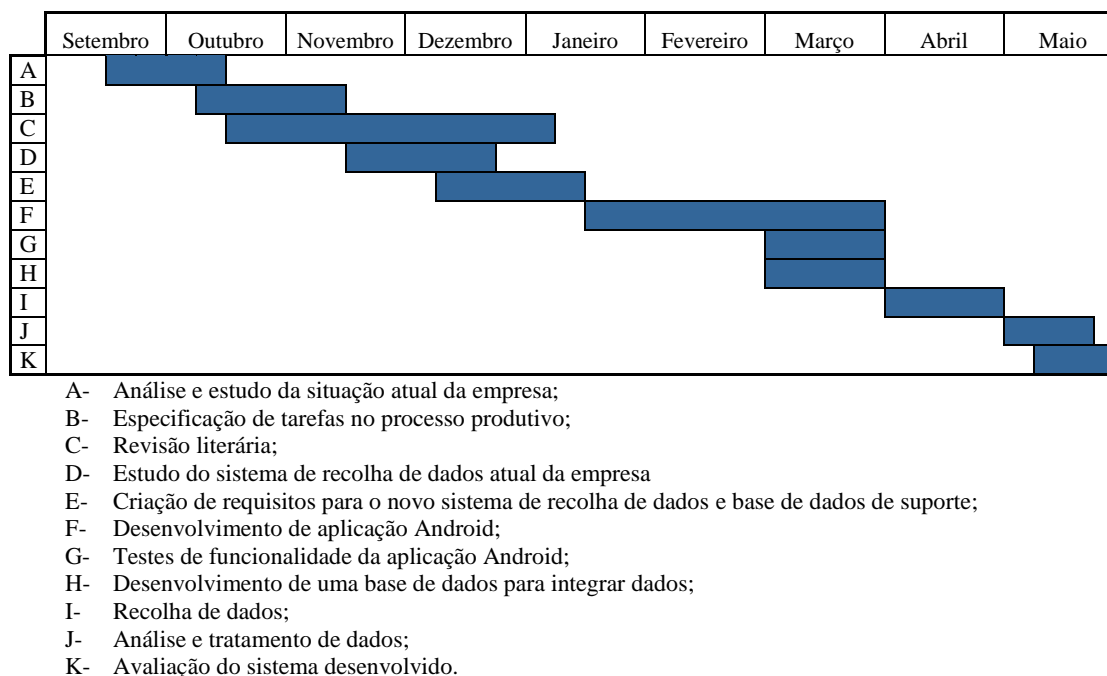


Figura 1 - Plano de tarefas do trabalho desenvolvido

Inicialmente, por forma a entender o funcionamento da empresa, foi feito um levantamento das características físicas do seu armazém, assim como do seu processo produtivo atual. Ainda nesta fase,

foram ainda especificadas, de forma detalhada, as tarefas a executar durante a produção do produto estudado.

Assim que identificado o problema, foi iniciada a pesquisa e o desenvolvimento da revisão literária que deu suporte ao trabalho desenvolvido. Em simultâneo foi estudado o sistema de recolha de dados atual por forma a perceber quais as características deste e possíveis funcionalidades a adicionar por forma desenvolver um novo sistema mais eficiente e vantajoso para a empresa.

Assim, após a análise das necessidades do chão-de-fábrica, para o novo sistema de recolha de dados, foram especificados os respetivos requisitos, *inputs* e *outputs* e ainda estruturados os requisitos para uma base de dados em Excell para suporte dos dados recolhidos. Após o desenvolvimento do sistema, este foi testado, melhorado e implementado para a recolha de dados a analisar mais à frente no trabalho e criada a base de dados de suporte enquanto o sistema estava a ser implementado.

Na fase de análise e tratamento dos dados, que se reporta à utilização dos dados recolhidos, depois de determinados os Tempos de Execução (TE) de tarefas, foram executadas as seguintes tarefas:

- Cálculo do Tempo de Ciclo (TC) e *Lead Time* (LT);
- Balanceamento de linha;
- Identificação de gargalos e restrições;
- Cálculo do Índice de Rendimento Operacional Global (IROG) das operações do processo produtivo.

Com os resultados obtidos, foram propostas ações de melhoria, por forma a possibilitar um aumento da eficiência operacional.

Por fim, foi feito um estudo de viabilidade relativamente à aplicação desenvolvida para a recolha de dados, tendo sido avaliados dois parâmetros: 1) estudo de viabilidade da aplicação desenvolvida, comparando-a com o sistema atual, expondo vantagens e desvantagens da mesma e especificando as funcionalidades consideradas úteis; 2) estudo do impacto da sua utilização por parte dos recursos humanos.

1.3. Estrutura do Relatório

Em busca de uma estrutura clara, o presente relatório foi dividido em etapas de forma a cumprir os objetivos e metodologia propostos à medida que o estudo foi decorrendo.

No capítulo 2 será apresentado um enquadramento teórico de suporte ao trabalho desenvolvido.

De seguida, no capítulo 3, será apresentada a empresa e a sua situação inicial. Desta forma, será possível identificar os pontos mais suscetíveis a melhoria, o que, numa fase final, permitirá comparar os resultados das soluções apresentadas com a situação inicial.

Na sequência dos problemas encontrados no capítulo 3, nomeadamente a recolha de dados, o capítulo 4 apresenta uma solução para os mesmos, através do desenvolvimento de um novo sistema de recolha de dados que, neste caso específico, e como já referido anteriormente, será uma aplicação móvel. Assim, são documentados os requisitos deste sistema, é clarificada a sua estrutura e funcionamento, é estudada a viabilidade após a sua utilização em ambiente de produção e, por último, são sugeridas melhorias a este sistema.

No capítulo 5 será apresentada a análise e o tratamento dos dados recolhidos através do sistema desenvolvido. Para tal, será feita uma análise à situação atual e serão propostas soluções que melhorem a eficiência do processo produtivo.

Por fim, a conclusão deste trabalho, onde são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho desenvolvido e possíveis melhorias ao sistema, será apresentada no capítulo 6.

2. Enquadramento Teórico

2.1. Lean Manufacturing

O termo *Lean Manufacturing* foi mencionado pela primeira vez em 1990 por Womack, quando este comparou a indústria japonesa com as indústrias americana e europeia, mostrando a superioridade da primeira, por esta apresentar um tipo de produção flexível, mais conhecida como *Toyota Production System* (TPS) (Womack, Jones, & Roos, 1990).

As empresas automóveis japonesas, depois da rotura económica causada pela segunda guerra mundial, foram obrigadas a tomar medidas para sobreviver num mercado em recessão, com capital limitado e poucas alternativas para reestruturações (Drew, McCallum, & Roggenhofer, 2004) (Womack et al, 1990).

Adaptando-se às adversidades, Taichii Ohno e Shigeo Shingo desenvolveram um sistema produtivo, o TPS, com o objetivo de eliminar desperdícios e otimizar o uso de todos os recursos da empresa. Ao longo do tempo, as medidas tomadas na Toyota foram aprimoradas, reconhecidas e integradas no que hoje é intitulado de *Lean Manufacturing*. Ohno identificou e categorizou sete tipos de desperdício encontrados em processos operacionais: 1) transporte desnecessário de mercadorias; 2) inventário de mercadorias para serem consumidas ou processadas; 3) movimento desnecessário de pessoas em processos operacionais; 4) esperas desnecessárias de funcionários entre atividades ou processos a realizar ou finalizar; 5) excesso de processos para desenvolver certo produto; 6) excesso de produção de produtos não necessários; e, por fim 7) defeitos em produtos. Podem observar-se os benefícios da redução de desperdícios na figura 2, de forma a potencializar a criação de valor. (Drew et al, 2004) (Womack & Jones, 2003).

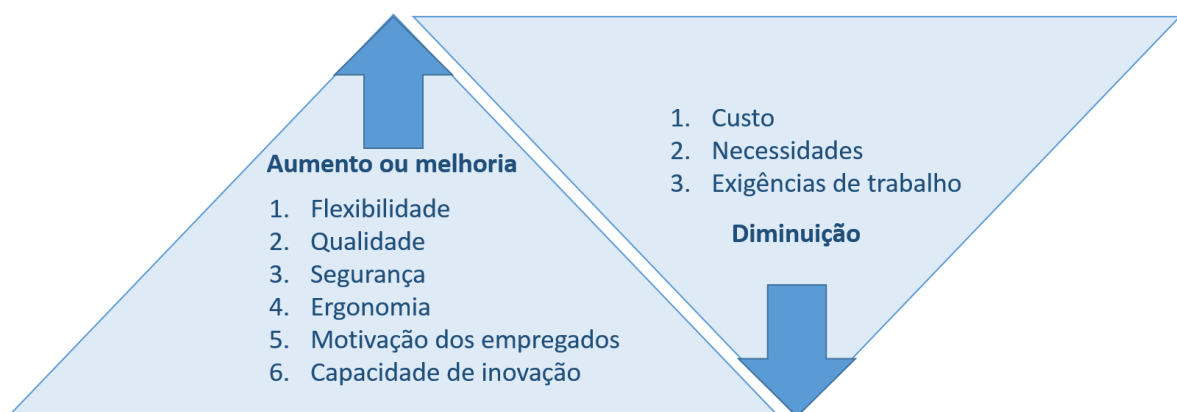


Figura 2 - Benefícios da redução do desperdício, adaptado de Werkema (2006)

Segundo Womack e Jones (2003), *Lean Manufacturing* tem como finalidade produzir mais com menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço, indo sempre que possível ao encontro da satisfação dos clientes, excedendo ainda as expectativas esperadas por um bem ou serviço. Womack e Jones (1996) ainda afirmam que “existe um poderoso antídoto ao desperdício: o pensamento enxuto (*Lean Thinking*)” e identificam cinco princípios para a filosofia *Lean Thinking*: 1) criar valor; 2) definir a cadeia de valor; 3) otimizar o fluxo; 4) o sistema pull; 5) perfeição. Esta sequência de princípios serve de guia para uma implementação mais eficiente da filosofia em questão.

No entanto, e tendo em conta que os valores anteriormente nomeados apenas consideram a cadeia de valor do cliente, não contemplando os stakeholders em geral, e que o seguimento destes valores podem colocar as organizações em ciclos intermináveis na busca da eliminação do desperdício, podendo levar ao esquecimento da oportunidade de criar valor a partir da inovação de produtos, serviços e processos, a Comunidade Lean Thinking (2008) propôs uma revisão aos valores, acrescentando mais dois aos cinco iniciais (Pinto J. P., 2009).

Assim, os sete valores do *Lean Thinking*, segundo a (Comunidade Lean Thinking), são os seguintes:

- 1) **Conhecer os stakeholders** – Neste ponto devem ser considerados todos os *stakeholders* da organização. Pode ser um erro pensar apenas na satisfação do cliente, quando também os colaboradores, por exemplo, participam igualmente na agregação de valor que deve chegar ao cliente final. Por esta razão, esse mesmo valor deverá ser transmitido a todos os elementos da cadeia de valor até ao cliente final. Deve ainda ter-se em conta a preservação de recursos naturais.
- 2) **Definir os valores** – Um produto/serviço tem vários valores associados e não apenas um valor porque, mais uma vez, a organização deve concentrar os seus esforços também nas outras partes interessadas, como os colaboradores, accionistas ou sociedades. Assim, atividades que antes poderiam ser consideradas como desperdícios necessários passam a ser classificadas de atividades com valor-acrescentado, já que criam valor a outras partes que não o cliente, tomando como exemplo a oferta de formações aos colaboradores ou outras preocupações a nível social, valorizando os recursos humanos da própria empresa.
- 3) **Definir cadeiras de valor** – Fala-se em múltiplas cadeiras de valor ao invés de apenas uma, pois o foco passaria a ser a criação de uma cadeia de valor para cada *stakeholder*, de forma a que cada parte interessada seja atribuído valor e, sempre que possível, se mantenha o equilíbrio entre as cadeias das mesmas.
- 4) **Otimizar o fluxo** – Busca pela sincronização dos meios envolvidos na criação de valor para todas as partes, considerando fluxos de material, pessoas, informação e de capital.

- 5) **Implementar o sistema *pull*** (se possível) – A implementação do sistema *pull* nas cadeias de valor iria deixar que o cliente, entre outros stakeholders, liderasse os processos, tornando-o responsável pelo desencadeamento dos pedidos, evitando que a empresa trabalhe em necessidades que apenas julga serem necessárias.
- 6) **Procura pela perfeição** – Considerar que os interesses, as necessidades e as expectativas dos *stakeholders* estão em constante evolução, e por isso deve ser incentivada a melhoria contínua a todos os níveis da organização, valorizando sempre a voz do cliente e respondendo à procura o mais rápido que conseguir.
- 7) **Inovar constantemente** – Inovar para criar novos produtos, serviços ou processos, ou seja, criar valor.

Em suma, é importante reduzir desperdícios, mas não apenas concentrar-se nisso mesmo. O ideal é que sejam definidas medidas para a eliminação planeada e controlada de desperdício, sendo igualmente necessário definir medidas que potenciem a criação de valor.

2.1.1. Balanceamento de linhas

Segundo Dettemer (2001) o balanceamento da carga de trabalho num posto e a produção em fluxo unitário são dois aspetos chave para o sucesso do Lean Manufacturing.

O balanceamento de produção assenta na ideia de distribuir de forma mais equilibrada possível a carga de trabalho das tarefas do processo produtivo pelos postos de trabalho. Assim, o balanceamento de linha pode responder a um dos seguintes problemas: (i) dado um tempo de ciclo (TC), determinar o número mínimo necessário de postos de trabalho ou (ii) dado um número de postos de trabalho, determinar o TC mínimo possível (Assis, 2011).

Neste sentido, a distribuição das tarefas pelos postos tem de ser feita de forma a que o fluxo de trabalho de cada posto satisfaça a procura. Geralmente, desta distribuição das tarefas resultam tempos inativos nos postos de trabalho (ociosidade), sendo esta uma consequência da diferença dos tempos de execução (TE) das diferentes tarefas (Pinto A. B., 2008).

A execução de tarefas de um processo produtivo segue uma determinada ordem, sendo assim necessário que, no balanceamento, a distribuição das mesmas pelos postos de trabalho siga requisitos que respeitem as precedências de execução. Considerando ainda a taxa de produção necessária, juntamente com os TE das tarefas, pode ser considerada a hipótese de se duplicarem postos de trabalho.

Adicionalmente, Rother e Harris (2001) afirmaram que o balanceamento, além dos objetivos mencionados, auxilia a tomada de decisões no sentido de eliminar os gargalos da produção, melhorar o layout do chão-de-fábrica e maximizar a eficiência dos recursos, sejam eles colaboradores ou máquinas.

2.1.2. Gargalos e Restrições

Tendo em vista a otimização do fluxo produtivo, devem ser identificados os diferentes tipos de recursos presentes no sistema: os chamados gargalos, os não-gargalos e restrições.

O termo gargalo é aplicado a um recurso que necessita de mais tempo de execução no sistema de produção e que tem uma procura maior ou igual à sua capacidade (Corrêa & Gianesi, 1993). Caso um gargalo limite o ganho de um sistema, este passa a ser intitulado de Recurso com Restrição de Capacidade (RRC). O sistema de produção pode ter um ou mais gargalos e, ao longo do tempo, o número e a localização dos gargalos, pode alterar-se (Gasperin & Palomino, 2006).

Um recurso considerado não-gargalo é aquele cuja capacidade é maior do que lhe é requisitado (Cox III & Spencer, 2002). No entanto, se no seguimento de imprevistos, o recurso tiver dificuldade em manter o que lhe é solicitado, este será considerado uma restrição (Corrêa & Gianesi, 1993).

Considerando as definições apresentadas, uma empresa deve apostar na identificação e melhoramento dos recursos gargalos, já que são estes que limitam o ganho do sistema. Investimentos em recursos não-gargalos não criam retornos positivos à produção e consequentemente à empresa.

2.2. Índice de Rendimento Operacional Global - IROG

Na década de 70, no Japão, foi criada a técnica de administração chamada *Total Productive Maintenance* (TPM), desenvolvida a partir da necessidade de criar técnicas e procedimentos direcionados à eliminação sistemática das perdas e falhas, focando-se nos diferentes tipos de manutenção (Costa & Cleto, 2002).

O IROG surgiu no desenvolvimento do TPM, terminologia desenvolvida por Nakajima (1988), com o objetivo de saber qual a produtividade atual dos equipamentos, para que seja possível também aumentar a produtividade dos recursos, principalmente os identificados como gargalos, com pouco ou nenhum investimento (Gasperin & Palomino, 2006).

$$\mu_{global} = \frac{\sum_{i=1}^n tp_i q_i}{T_{total\ disponível}}$$

Onde: tp = tempo de ciclo do produto
q = quantidade produzida do produto
T = tempo total disponível

Equação 1-Fórmula do IROG, adaptado de Pantaleão (2008)

A partir da sua fórmula verifica-se que a multiplicação do tempo de ciclo pela quantidade total produzida será o tempo gasto em agregação de valor ao produto (Equação 1).

No entanto, de acordo com Pantaleão, 2008, o IROG não deve ser calculado da mesma forma para todos os tipos de recursos, já que, para a melhoria do mesmo, este integra ações que englobam a qualidade, o processo ou ferramentas envolvidas. Deve, portanto, ter-se em conta se o recurso ao qual se vai medir o IROG é um RRC ou um gargalo e adotar uma das seguintes fórmulas:

- i) **Recurso com Restrição de Capacidade:** o IROG passa a chamar-se *Overall Equipment Efficiency* (OEE) e neste caso o tempo total disponível será a diferença entre o tempo disponível e o tempo de paragens programadas.
- ii) **Recurso Gargalo:** para gargalos, o IROG deve adaptar-se para o TEEP (*Total Efetivei Equipment Productivity* ou Produtividade Efetiva Total), e o tempo disponível será o seu tempo total de produção, sem excluir nenhum tipo de paragem, e, por isso, o resultado será a produtividade real do sistema no gargalo.

Segundo Miershawaka, 1993, o IROG pode também ser calculado a partir da multiplicação dos três índices de eficiência associados às perdas do TPM: índice de tempo operacional, índice de performance operacional e índice de peças aprovadas. Assim, o IROG pode calcular-se como é explicado na Equação 2.

$$\mu_{global} = \mu_1 \mu_2 \mu_3$$

Onde: μ_1 = índice de tempo operacional
 μ_2 = índice de performance operacional
 μ_3 = índice de peças aprovadas

Equação 2 - Fórmula do IROG, adaptado de Gasperin & Palamino (2006)

2.3. Sistemas de Informação

Por forma a introduzir os conceitos de sistemas de informação, considera-se pertinente explorar em primeiro lugar o conceito de sistema. Em 1974, Moigne definiu um sistema como sendo um conjunto de partes coordenadas. Mais tarde, em 2004, Gouveia e Ranito, consideraram um sistema todo o conjunto de componentes que interagem com o objetivo de alcançar um propósito em comum, podendo cada componente representar um sistema ou subsistema. Rascão (2004) acrescentou ainda que um sistema, além do trabalho conjunto entre componentes para atingir objetivos comuns, aceita dados de entrada (*inputs*) e produz resultados (*outputs*). Assim, cada sistema pode ter um ou mais objetivos, onde os componentes cooperam entre si para obter os resultados esperados.

Transitando para a definição de sistemas de informação, são várias as definições encontradas. Buckingham, em 1987, considerou que um Sistema de Informação (SI) não é nada mais que um sistema que recolhe, processa, armazena e distribui informação por uma organização. Já Reynolds e colegas (2008), definem um SI como um conjunto de elementos inter-ligados com a capacidade de armazenar, manipular e dessiminar dados e informação para alcançar um objetivo.

Já no contexto do planeamento e controlo da produção, Laudon e Laudon, em 2011, definiram um SI como sendo o conjunto de componentes inter-ligados que cooperam para recolher, processar, armazenar e distribuir informação, definição que de resto se assemelha às já apresentadas anteriormente. No entanto, acrescentam que um SI pode não só apoiar o controlo e a tomada de decisões nas organizações, mas também auxiliar os gestores na análise e respectivo solucionamento de problemas e na criação de novos produtos.

É ainda necessário clarificar a diferença entre os conceitos tecnologias de informação e sistemas de informação, já que estes são vulgarmente confundidos. Segundo O'Brien e Marakas (2008), tecnologias de informação é o termo aplicado ao conjunto de infraestruturas tecnológicas que suportam os sistemas de informação. Assim, conclui-se que o conceito de SI é mais abrangente que o conceito de tecnologias de informação, já que, além do que é considerando para o primeiro termo, inclui a interação das dimensões organização e pessoas (Laudon & Laudon, 2007).

Laudon e Laudon (2011) afirmaram ainda que um SI inclui três atividades chave: *Inputs* (entradas), *Processing* (processamento) e *Outputs* (saídas). Assim, para obter *inputs* é necessário recolher dados, processá-los de forma a convertê-los em informação organizada e criar os respectivos *outputs*, tranferindo a informação útil para os locais convenientes. Por vezes, o SI necessita ainda de *feedback*, ou seja, requer que lhe seja feita uma realimentação de informação (*inputs*).

Como referido anteriormente, para dar apoio ao processo de tomada de decisão e auxiliar o planeamento e controlo de tarefas numa organização, são consideradas as seguintes principais funções associadas a um SI, (Reynolds & Stair, 2008):

- recolher dados, sejam eles internos ou externos, de forma quantitativa ou não;
- filtrar e refinar dados recolhidos para eliminar dados redundantes;
- processar dados, transformando-os em informação útil;
- guardar dados e informação obtida;
- recuperar, conceber e distribuir a informação.

Além das funções referidas, considera-se ainda importante que os sistemas de informação não só garantam o controlo e a monitorização das operações envolvidas no ambiente empresarial e o desenvolvimento de relatórios que compilem informação de forma adequada para os gestores, como também garantam a segurança dos dados e da informação ao longo da sua utilização (Ranito & Gouveia, 2004).

Assim, tornam-se claras as vantagens de aplicar um sistema de informação no planeamento e controlo de produção, desde logo, porque possibilita a simplificação e automatização de recolha de dados, a simplificação dos processos associados ao planeamento e ainda uma resposta mais rápida e fácil a cálculos complexos (Mckay & Wiers, 2004).

2.3.1. Manufacturing Execution Systems – MES

Atualmente, os sistemas de recolha de dados têm ganho grande importância no ambiente industrial, podendo ser aplicados num vasto grupo de indústrias, inserindo-se, principalmente nos departamentos da produção.

Um *Manufacturing Execution System* (MES) é um sistema de recolha de dados de produção. Este tipo de sistemas surgiu no início dos anos 80 a par do surgimento de muitos outros sistemas de recolhas de dados, especializados em áreas mais específicas, como a do planeamento de produção, controlo de qualidade ou controlo de recursos humanos (colaboradores). Ainda que semelhantes, estes sistemas trabalham em áreas diferentes e são independentes uns dos outros (Besteiro, 2010).

Depois do aparecimento dos sistemas tipo *Computer Integrated Manufacturing* (CIM), nos anos 90, surgiu também a oportunidade de serem integrados diferentes sistemas de recolhas de dados, com funcionalidades extra, focadas em áreas que anteriormente ainda não tinham sido exploradas, como sistemas com foco no controlo de horário de colaboradores. Ou seja, passou a ser possível a junção de um ou mais sistemas, formando um mais completo, o que possibilita também agregar as principais

áreas de uma organização no mesmo sistema, como a área de produção, controlo de colaboradores e controlo de qualidade (Besteiro, 2010).

Atualmente, como resultado da combinação dos sistemas de informação referidos anteriormente, é possível categorizar os sistemas de informação existentes em seis grandes áreas, descritos na figura 3. Nesta, observam-se os sistemas de informação orientados consoante a categoria relativa, desde os dedicados aos clientes até aos mais focados no chão-de-fábrica, da esquerda para a direita. Pode também observar-se como o MES funciona como uma ponte de comunicação, interligando os restantes sistemas entre si.

Segundo a *Manufacturing Enterprise Systems Association* (MESA), um sistema MES é um sistema de informação dinâmico, com o intuito de impulsionar a execução eficaz das tarefas e dos processos envolvidos na produção. Através de dados precisos, recolhidos em tempo real, um MES orienta ações e produz relatórios sobre tarefas ou processos do departamento da produção. Este, além fornecer informações sobre o processo produtivo aos gestores de operações, também gere as operações ligadas à produção desde o início do processo até ao final, que corresponde à entrega do produto acabado.

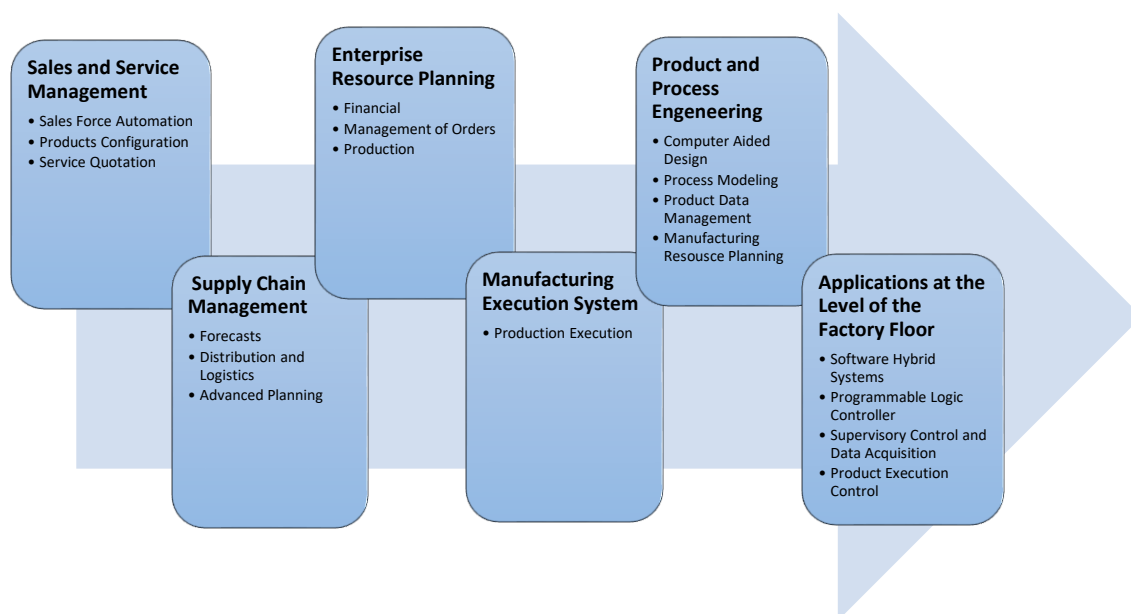


Figura 3 - Principais tipos de sistemas de informação, adaptado de Besteiro (2010)

Quanto ao desenvolvimento deste tipo de sistemas, Rabbani e colegas (2013) afirmaram que cada vez mais tal desenvolvimento se tem tornado um desafio. Tal sucede porque são requeridas mais funcionalidades, fazendo com que estes sistemas se tornem mais complexos. No entanto, a flexibilidade e o dinamismo dos mesmos continuam a ser exigidos.

Relativamente às principais funcionalidades de um sistema MES, as mesmas são as seguintes (Rabbani, Pingnot, Jibran, Khan & Naqvi, 2013):

- Logística: movimentação dos componentes envolvidos no processo produtivo;
- Execução de ordens de fabrico: criação e geração de ordens de produção, com base nas encomendas e de acordo com os *inputs* dados ao sistema;
- Planeamento: estruturação do conjunto de operações/tarefas a executar ao longo do processo produtivo;
- Gestão de recursos: seleção dos recursos certos, no tempo certo, resultando na atividade certa para a Ordem de Produção (OP) certa;
- Recolha de dados: recolha dados através de vários tipos de mecanismos, coletando informações sobre o chão-de-fábrica.

Segundo o relatório publicado pela MESA (1997), o maior benefício associado a um MES está na recolha de dados precisos e em tempo real, o que permite melhorar o processo de tomada de decisão. Desta forma, é possível não só reduzir os tempos de ciclo e *Lead Time*, como melhorar a qualidade do produto.

No mesmo relatório, são discriminadas as sete principais vantagens associadas ao sistema MES, sendo elas (1) redução do tempo de ciclo, a (2) redução/eliminação do tempo de recolha de dados, (3) redução do trabalho em processamento (conhecido como *Work in Progress* – WIP, relacionado com o número de itens em progresso em simultâneo), (4) redução/eliminação da quantidade de informação em formato papel ao longo das etapas de trabalho, (5) redução do *Lead Time*, (6) melhoramento da qualidade do produto (ou reduzir número de defeitos) e, por fim, (7) cessação da perda de informação recolhida.

2.3.2. Implementação de Sistemas de Informação

Muitas vezes o interesse pela implementação de um sistema de informação numa empresa, surge da necessidade em automatizar tarefas e processos, por forma a aumentar o desempenho de determinados procedimentos.

No entanto, por vezes, as organizações avançam com o desenvolvimento de um sistema de informação sem antes analisarem o foco de incidência. Tal cenário pode fazer com que os resultados da implementação deste sistema acabem por ser diferentes do que a organização previa (Lee, 2011).

Assim, para o desenvolvimento de um SI, torna-se essencial que a organização adote uma metodologia de desenvolvimento de sistemas, para que, a partir desta se determine como é que o novo sistema vai interagir com os processos e atender às necessidades da organização.

Ainda sobre uma metodologia de desenvolvimento de sistemas, não é inteiramente relevante o número ou o nome de etapas ou passos. Contudo, é indispensável que tal metodologia racionalize e crie uma rotina de processos para o desenvolvimento do sistema. Um método é uma progressão “passo-a-passo”, que segue uma ordem, começando pelas etapas mais generalizadas e terminando nas etapas mais específicas. O principal objetivo de se usar uma metodologia é o de diminuir desperdício de tempo inicial, fazendo com que se comece da melhor forma, diminuir o *rework* e evitar tarefas ou trabalho cuja finalidade se torna inútil ao sistema final. No entanto, nenhuma metodologia deve sufocar o processo criativo ou de inovação (Burch & Grudnitsky, 1989).

Uma das possíveis metodologias para o desenvolvimento de um SI segue as seguintes etapas (Bezerra, 2002):

- **Levantamento de requisitos funcionais e não funcionais:** compreensão e definição do problema;
- **Análise dos requisitos:** especificação dos requisitos, validação dos modelos e verificação dos modelos em função dos requisitos;
- **Projeto de sistemas:** seleção e planificação da melhor solução, definição das funções que vão de encontro das necessidades identificadas considerando os recursos tecnológicos existentes e fazer uma descrição computacional do que se quer;
- **Implementação de sistemas:** transição da descrição computacional para linguagem de programação;
- **Teste:** avaliação do sistema construído, produzindo, se necessário, relatórios de testes com os possíveis erros;
- **Implantação:** distribuição e instalação do sistema no ambiente organizacional.

No entanto, o desenvolvimento e implementação de sistemas de informação podem enfrentar alguns desafios, que segundo Boddy e colegas (2008), são essencialmente quatro. O primeiro relaciona-se com a necessidade de fazer mudanças e consequentemente com o nível de complexidade que as mesmas implicam. Assim, uma mudança pode implicar não só a alteração de um processo, mas também a de processos que dele dependam, interferindo com o desenvolvimento do SI.

O segundo desafio, diz respeito às constantes alterações não só dos próprios sistemas que sofrem constantes avanços tecnológicos, como também do ambiente organizacional, que sofre constantes mudanças a nível de concorrência, dos fornecedores ou de outros *stakeholders*.

Os *stakeholders* fazem ainda parte do terceiro desafio, que realça que os mesmos, muitas vezes, não partilham da mesma opinião acerca de definições de problemas organizacionais, o que implica diferentes soluções para os mesmos problemas.

Por fim, o quarto desafio passa por fazer com que os recursos humanos compreendam os benefícios que um SI lhes pode trazer ao nível do aumento da capacidade de eficiência.

Assim, no sentido de colmatar alguns dos desafios mencionados, considera-se importante garantir uma manutenção contínua do SI implementado. A manutenção deve, por isso, incluir verificações, mudanças e aperfeiçoamentos, por forma a manter satisfeitas as necessidades, em constante mudança, de uma organização, evitando ou minimizando problemas que poderão surgir a longo prazo (Stair & Reynolds, 2003).

2.3.3. Sistemas de informação com suporte de novas tecnologias de informação

Tal como já referido, os sistemas de informação devem ser flexíveis, adaptando-se às necessidades da organização e atentos às mudanças da mesma, não esquecendo os recursos humanos que deles se servem. Os sistemas podem ainda aumentar a comunicação organizacional e simplificar a monitorização dos recursos e a produtividade dos mesmos. Assim, para estudar a viabilidade de um SI, a eficácia deste para responder às necessidades da organização, a forma como a informação é recolhida e distribuída, o tempo de resposta e o custo associado a essa mesma resposta são indicadores importantes (Gouveia, 2000).

No entanto, com o aumento da complexidade do processo produtivo, melhorar a produtividade num ambiente industrial utilizando um sistema de informação tem-se tornado um desafio para qualquer organização. Desde a introdução de MES no chão-de-fábrica das organizações, estas têm vindo a ganhar popularidade graças às funcionalidades que lhes permitem controlar e monitorizar processos produtivos usando sistemas de integração de informação. Contudo, os colaboradores, e mesmo gestores, continuam a ser confrontados com dificuldades no que diz respeito à grande quantidade de informação criada ao longo dos processos produtivos e à velocidade a que lhes é exigido tirar conclusões sobre esta (Jagdale, Patil, & Parshandekar, 2015).

Assim, é necessário considerar todas estas dificuldades por forma a facilitar a interação dos colaboradores e gestores com os SI presentes em chão-de-fábrica, mantendo as funcionalidades

indispensáveis. Simultaneamente, é necessário ter em conta os recursos financeiros das organizações, já que, muitas vezes, os custos associados à implementação de um SI condicionam a decisão da sua integração por parte das mesmas.

Por outro lado, as tecnologias têm vindo a fazer parte do quotidiano de qualquer pessoa, tornando-se banal possuir-se um conjunto das mesmas em casa, muitas vezes sem conhecer a totalidade das funcionalidades e capacidades dos aparelhos que se possui. A possível combinação destas tecnologias e sistemas de informação, o que as torna mais familiares a nível de utilização, seria uma mais valia, já que frequentemente estas têm interfaces difíceis de entender e exigem interações complexas para quem delas se serve.

Contextualizando, os *smartphones* e *tablets*, dispositivos presentes de uma forma constante no dia-a-dia da sociedade atual, são cada vez mais indispensáveis, tornando a vida da sociedade mais fácil e até mais rápida. São também dispositivos relativamente acessíveis no que diz respeito a custos, e que, graças à sua evolução nos últimos anos, têm grandes capacidades de processamento e de provisionamento de informação. Assim, a possibilidade de estender as funcionalidades dos *smartphones* ao ambiente industrial e comercial pode ser uma ajuda no que toca à recolha e ao acesso de informação numa organização (Jagdale, Patil, & Parshandekar, 2015).

Também Meyer, em 2013, afirmou que, da perspetiva dos fornecedores, os dispositivos móveis aliados aos sistemas de controlo formam uma combinação perfeita. Afirmou ainda que a utilização dos dispositivos móveis em prol dos sistemas de controlo ajudaria a melhorar os sistemas de alarme usados nos sistemas de controlo, como o MES, já que considera que as soluções oferecidas pelo mercado continuam a não oferecer um conjunto de requisitos funcionais, necessário para uma instalação simples dos mesmos.

Os *smartphones*, em alguns casos, já participam em sistemas de informação, nomeadamente em sistemas de alarme, recebendo mensagens da respetiva central. No entanto, os conteúdos dessas mensagens acabam por ser limitados, seja em número de caracteres seja em qualidade de informação a nível gráfico. A interação com um sistema de controlo, bem como a ativação de comandos diretos ao mesmo é quase impossível (Meyer, 2013).

No entanto, foi notada uma grande evolução no mercado dos *smartphones*, principalmente os dispositivos munidos do sistema *Android*, aumentando ainda mais o número das vastas aplicações às quais estes se têm tornado úteis. Jagdale e colegas (2015) realçam que esta evolução deu oportunidade para que fosse criado um *Factory Information System* (FIS). Este sistema é um MES integrado num sistema *Android* que, não só monitoriza os parâmetros considerados importantes da fábrica, como também disponibiliza informação sobre a produção, desde do estado ao de controlo de

qualidade. O FIS garante ainda que a informação é fornecida em tempo real, calcula a eficiência de produção e é capaz de produzir relatórios de eficiência e gráficos.

Neste sentido, torna-se evidente que a utilização de dispositivos móveis no ambiente industrial pode ser considerada como uma solução para completar os sistemas já tradicionais, ou mesmo substituí-los, salientando as vantagens que estes podem trazer não só a nível de acessibilidade de utilização e portabilidade, mas também a nível financeiro, já que, como anteriormente referido, os sistemas tradicionais têm um custo elevado comparativamente com os dispositivos providos dos sistemas *Android*.

3. Caso de Estudo

3.1. Apresentação da Empresa

Fundada em 1995, a Exatronic é, atualmente, líder em soluções de eletrónica, tendo como missão “potenciar o capital intelectual e gerar sinergias com o mercado para promover inovação”. Esta empresa envolve vários setores de atividade, tais como infraestruturas de telecomunicações, fabricação de máquinas e equipamentos industriais, eletrónica automóvel e equipamentos médicos, estando este último setor associado à unidade integrante da Exatronic, a Exa4life.

Tendo cerca de 30 profissionais, grande parte engenheiros exclusivos à área de I&D (Investigação e Desenvolvimento), a Exatronic agrega um espírito jovem mantendo parcerias com a Universidade de Aveiro, Universidade de Coimbra e Instituto Superior Técnico de Lisboa.

A Exatronic oferece soluções que vão desde uma ideia ou conceito do cliente, passando pela análise de viabilidade, processo de I&D, fabrico, até à entrega do produto. Desde 2015 que a empresa tem apostado no fabrico em massa de produtos, sendo o foco principal do projeto descrito no presente relatório encontrar medidas que contribuam para o aumento da eficiência deste processo.

3.2. Definição do problema

Atualmente, na Exatronic, apenas dois dos produtos que são produzidos em série sofrem controlo de dados. No entanto, apenas os dados recolhidos de um destes produtos sofreram tratamento. Assim, sobre o processo produtivo do segundo produto, que apenas foi incluído no sistema de recolha de dados recentemente, ainda não foram tiradas quaisquer conclusões por parte da empresa. Quer isto dizer que, não havendo informação sobre a eficiência do processo produtivo deste determinado produto, existe uma grande dificuldade para se entender quais os focos de ação prioritários no sentido de melhorar o mesmo. Deste modo, o caso de estudo incide no produto que não possui qualquer tratamento de dados.

Para a empresa, os principais objetivos do controlo de dados passam essencialmente por:

- Monitorizar a produção diária;
- Ajustar objetivos de produção;
- Auxiliar o planeamento da produção;
- Tirar conclusões quanto a tempos de ciclos;
- Ter presente um histórico de produção desse mesmo produto.

Apesar de o sistema de recolha de dados atual reunir características úteis para retirar conclusões sobre o processo produtivo da empresa, considerou-se relevante avaliar e questionar a sua viabilidade em termos de precisão de dados e eficiência, principalmente por este se tratar de um sistema totalmente manual. Tal cenário pode trazer consigo vários problemas inerentes, justificando a necessidade de questionar sobre a sua eficiência, desde: facilidade em adulterar os dados, difícil organização e análise dos dados ou grande probabilidade de perda de informação. Além do exposto, o sistema atual tem falta campos relevantes, como o registo de anomalias.

3.3. Descrição do processo produtivo

O produto escolhido trata-se de uma placa eletrónica para implementar na componente elétrica de um eletrodoméstico. Para o desenvolvimento deste produto está incluído o seguinte conjunto de matéria-prima:

- 1 *Printed Circuit Board* (PCB)
- 18 componentes A
- 1 componente B
- 18 componentes C

Dos componentes envolvidos, todos eles são componentes do tipo *Pin Through Hole* (PTH), ou seja, componentes que têm pinos por forma a ser inseridos em buracos abertos nas PBCs com o objetivo de serem soldados no lado oposto à sua inserção na PBC. Desta forma, o esquema de montagem dos componentes envolve maioritariamente *Through-Hole Technology* (THT), tecnologia associada à montagem deste tipo de componentes.

Considerando as diferentes tecnologias de montagem presentes em chão-de-fábrica, a empresa criou linhas de produção distintas. Esta medida foi tomada para auxiliar o desenvolvimento do processo produtivo de cada produto, principalente na sua organização e na atribuição e distribuição de tarefas para sua execução. As linhas e as respetivas tarefas são especificadas a partir de um mapa de processos geral, intitulado de “Descrições das operações”, onde estão identificadas as seguintes linhas de produção: SMT, THT-I, THT – II, THT – Manual e Manual (anexo A).

A necessidade da criação das diferentes linhas de produção mencionadas relaciona-se com as diferentes tecnologias envolvidas na produção de produtos eletrónicos. Assim, na linha SMT estão envolvidas todas as tarefas diretamente relacionadas com a colocação de componentes do tipo

Surface Mount Technology (SMT), desde preparação de posto de trabalho, rework após montagem SMT ou limpeza de linha/posto.

No entanto, no caso de produtos que contêm componentes do tipo *Through Hole Technology* (THT), existem três linhas diferentes: THT-I, THT-II e THT-Manual. Isto resulta do facto de, no caso desta empresa, existirem três formas de fixar este tipo de componentes, já que, além de ser possível a montagem e soldagem destes de forma manual (linha THT-Manual), a empresa possui ainda dois tipos de máquinas diferentes para o mesmo efeito, que diferem na tecnologia usada para a produção (linhas THT-I e THT-II). A atribuição e distribuição de processos dos produtos com componentes THT por estas três linhas é feita conforme o que os gestores de produção acharem mais adequado de forma a manter a produção o mais eficiente possível para cada produto, considerando fatores como: quantidades de componentes THT por placa, posição dos componentes na placa, tempo necessário em máquina THT-I ou THT-II ou mesmo a relação entre o tempo necessário e a energia despendida em máquina.

Por fim, na linha Manual estão envolvidos os processos que não estão relacionados com nenhuma das tecnologias descritas anteriormente e que normalmente, todos os produtos terão de passar, já que se trata também da linha onde o produto se encontra na fase final de produção. Deste modo, podem encontrar-se nesta linha desde tarefas associadas ao controlo de qualidade até ao embalamento e envio dos produtos.

Todavia, como o mapa de processos é partilhado por todos os produtos, em alguns casos as tarefas não se enquadram à execução, já que estas podem variar de produto para produto. Deste modo, por exemplo, uma tarefa que tenha como denominação “colocação de componentes”, não especifica a quantidade, a sua ordem de colocação ou mesmo qual o modelo de componentes. Adicionalmente, considerando ainda o exemplo, caso um produto contenha mais do que um modelo de componentes a colocar, poderá ser necessário dividir a colocação de componentes por mais do que uma tarefa. Tal implica que, aquando do registo dos dados do controlo de produção, não seja possível descriminar os tempos de execução da colocação dos diferentes modelos de componentes, já que, no mapa utilizado, o nome é o mesmo.

Os problemas detetados com a utilização do mapa referido, coincidem com o produto escolhido para este caso de estudo, havendo tarefas do mapa com necessidade de serem divididas por partes no seu fabrico. Além disso, não existia qualquer descrição pormenorizada dos processos envolvidos para o seu desenvolvimento, não havendo qualquer referência sobre as tarefas extra que eram realizadas, além das tarefas genéricas presentes no mapa.

Assim, considerou-se necessária a criação de uma descrição completa de processos, procedendo-se da seguinte forma:

- Estudo da matéria-prima (MP) necessária à produção;
- Identificação das linhas de produção envolvidas no processo;
- Localização dos postos de execução de tarefas no chão-de-fábrica;
- Especificação da MP envolvida em cada tarefa;
- Estudo das anomalias recorrentes e de operações de controlo e de minimização de erros;
- Criação de instruções de execução de tarefas tanto em formato escrito como em representação visual.

Por fim, mapearam-se as atividades que compõem o fluxo do processo produtivo, tal como se pode observar no diagrama de atividades representado na figura 4. Deste, retira-se quais as linhas envolvidas no processo que são apenas consideradas as linhas de produção THT – I, THT – II e Manual e foi acrescentado ainda o Armazém. É neste último onde o processo produtivo é iniciado, mas apesar de ter tarefas associadas não é considerado uma linha de produção. Verifica-se ainda que a linha SMT não está presente no processo produtivo deste produto pelo facto do mesmo não possuir componentes SMT.

No diagrama é ainda possível visualizar a distribuição de tarefas por linhas, apresentadas por ordem de execução (da esquerda para a direita), bem como as tarefas que podem ser realizadas em simultâneo.

Relativamente às tarefas que são executadas em simultâneo, existe uma exceção em que, ao contrário das restantes, tem de ser executada em simultâneo com outra tarefa e pelo mesmo colaborador: a tarefa 18, “Passar a unidade na máquina THT-II”. Assim, a tarefa 18 é a única tarefa que pode ser realizada em simultâneo ou com a tarefa 16, “Colocar componente D na unidade”, ou com a tarefa 20, “*Rework* pós THT-II”, pelo mesmo colaborador. Inicialmente, esta é realizada em simultâneo com a tarefa 16, até que todos os componentes “D” estejam inseridos nas unidades. Daqui em diante assume-se que a passagem de uma unidade no posto THT-II passa a ser realizada em simultâneo com o “*Rework* pós THT-II”. Deste modo, para a posterior distribuição de tarefas pelos diferentes postos, foram criadas duas novas tarefas, destacando-se os seguintes cenários de execução do processo produtivo: (i) o Cenário 16S, que inclui a execução da tarefa 16S (junção da tarefa 16 com a tarefa 18) e (ii) o Cenário 20S, que inclui a execução da tarefa 20S (junção da tarefa 20 com a tarefa 18).

Fluxograma – Fluxo de Produção

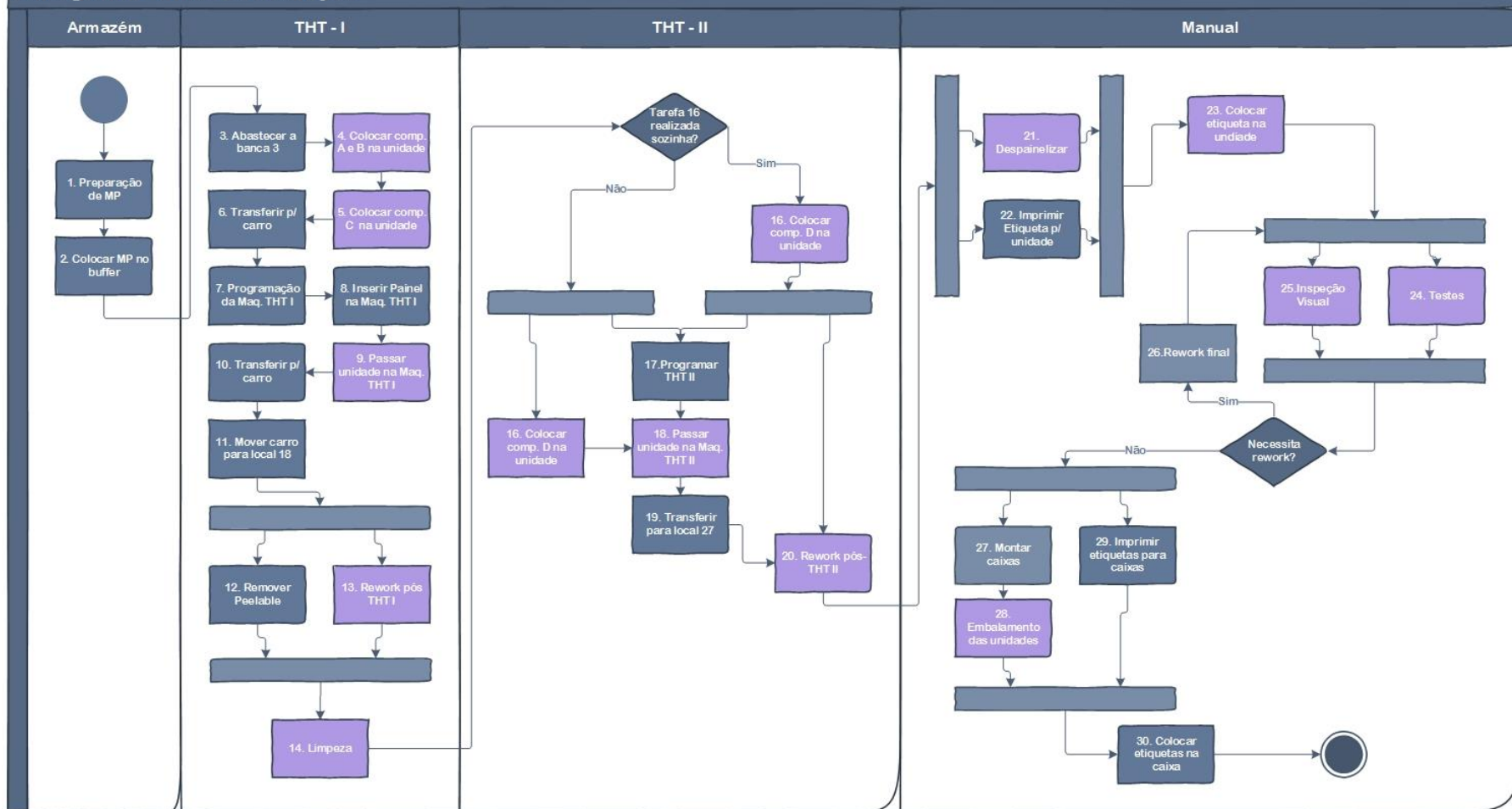


Figura 4 - Diagrama de atividades do fluxo do processo produtivo

As tarefas que se encontram representadas por uma cor de tom mais claro no diagrama, correspondem às tarefas com posto fixo no chão-de-fábrica. Estas, têm o controlo de produção mais rigoroso de todo o processo e são por isso, as únicas que participam no sistema de recolha de dados atual.

Como referido anteriormente, foi desenvolvido um mapa do *layout* do chão-de-fábrica que acompanha o processo produtivo. Este mapa apresenta não só os locais dos postos envolvidos no processo, facilitando a visualização do local onde as tarefas vão ser executadas durante todo o percurso, como também o percurso das unidades pelo chão-de-fábrica até à sua transformação no produto final (anexo D).

3.4. Sistema Atual de recolha de dados

Do sistema de recolha de dados atual destaca-se como principal característica este ser preenchido manualmente. Neste, o registo de dados é feito pelos colaboradores numa folha destinada para o efeito, existindo uma por Ordem de Produção (OP).

As tarefas são atribuídas pelo gestor de produção e apresentadas num quadro no departamento da produção. Na folha de registo (anexo C) são preenchidos os seguintes campos:

- Aquando do início da tarefa:
 - Data;
 - Nome do colaborador;
 - Designação da tarefa de acordo com a “Descrição de Operações”;
 - Hora.
- Na conclusão da tarefa:
 - Hora;
 - Duração;
 - Quantidade.

Como é possível verificar, não existe nenhum campo onde o colaborador possa registar a quantidade de anomalias ocorridas ou mesmo deixar qualquer observação relativa à tarefa executada. Deste modo, sempre que necessário, estas observações têm que ser reportadas pessoalmente ao gerente de operações. Adicionalmente, sendo um sistema manual, permite que os dados sejam adulterados facilmente, como a adulteração de Tempos de Execução (TE) de tarefa ou o registo de dados por outrem que não o colaborador que executa a tarefa.

Como referido anteriormente, o produto abordado no presente caso de estudo não sofreu quaisquer tratamentos de dados, acrescentando a esta situação a inexistência de um controlo de preenchimento das

folhas de registo de dados. Observou-se ainda que, ocasionalmente, e apesar de requisitado pelo departamento da produção, o preenchimento das folhas de registo das tarefas não é feito por todos os colaboradores.

Assim, verifica-se que o sistema atual de recolha de dados apresenta limitações não só na recolha em si, como também nos resultados de um futuro tratamento de dados, já que, sendo manual, obriga a uma maior disponibilidade de tempo no registo e no posterior tratamento dos dados. Desta forma, o desenvolvimento do novo sistema de recolha de dados teve como foco diminuir, ou mesmo eliminar, as limitações encontradas e a diminuir o desperdício de tempo no registo e tratamento de dados.

4. Aplicação Móvel de Suporte ao Controlo da Produção

Como referido no capítulo anterior, a recolha de dados do processo produtivo ser feita de forma manual e registada em formato papel por parte dos colaboradores, obrigando assim a um gasto de tempo significativo quer na recolha em si, quer na transposição dos dados para formato digital por forma a poderem ser tratados.

Assim, considerou-se pertinente solucionar o problema através da proposta e desenvolvimento de uma aplicação móvel, designada ExatronicApp. Para a definição de requisitos e funcionalidades do sistema desenvolvido, foram tomadas em consideração as características e funcionalidades inerentes a um MES (expostas na secção 2.3.1), adaptando-as às características do processo produtivo em questão e para o tipo de sistema escolhido (uma aplicação móvel).

Adicionalmente, foi conduzido um estudo junto dos colaboradores de forma a avaliar a usabilidade, aceitabilidade e satisfação dos utilizadores perante a nova solução. Com este estudo, pretendeu-se averiguar a possibilidade de reduzir o tempo de tratamento de dados, o tempo de resposta às anomalias encontradas, bem como melhorar a eficiência de gestão dos recursos associados à produção.

Desta forma, pretendeu-se garantir um controlo da produção de forma mais rigorosa, registando não só o tempo de início e fim de cada tarefa por cada colaborador, como também os tempos de pausa usufruídos (tempos estes que não são controlados no sistema atual).

Tendo em conta que as linhas de produção a ser avaliadas são maioritariamente manuais e o registo de dados depende apenas dos colaboradores, pretendeu-se conseguir evitar manipulações de dados relativamente ao tempo requerido para realizar as tarefas. A adulteração dos dados pode ter impacto nos prazos de entrega e na definição dos custos unitários previstos, pelo que se considera pertinente o controlo de possíveis manipulações.

Em suma, a aplicação móvel, que por sua vez permite a recolha de dados no formato eletrónico, teve como objetivo dar resposta a um conjunto de requisitos que o sistema atual não suporta. Adicionalmente, foi avaliada implementação futura permanente de um software de recolha de dados se tornaria uma vantagem para a empresa a nível de controlo de produção e como agilizar o processo de substituição de forma simples, rápida e confortável junto dos colaboradores.

4.1. Descrição da ExatronicApp em termos de Requisitos

Considerando que o novo sistema de recolha de dados ir-se-á manter totalmente dependente dos colaboradores, o foco de melhoria será o de tornar o processo de registo mais rápido, prático e eficiente. Desta forma, a *ExatronicApp* deve ser desenvolvida de modo de que, na sua utilização, se recorra ao mínimo número de passos obrigatórios para o registo. Desta forma, torna-se importante que as interfaces do terminal virtual sejam simples e claras para os utilizadores.

O sistema necessita de ter presente um determinado conjunto de informações à qual os dados recolhidos devem ser associados. Deste modo, o sistema deve incorporar os nomes dos colaboradores envolvidos, o nome dos produtos e respetiva OP (Ordem de Produção), as tarefas relevantes à cronometragem e, caso necessitem ou existam, incluir instruções de realização de tarefa para uma breve confirmação de execução ao utilizador.

Em termos de utilização, uma vez escolhida a tarefa que se pretende realizar, o utilizador apenas terá de dar conhecimento de que iniciou a tarefa, repetindo o processo no momento que a terminar. Caso necessite, o utilizador deve poder ainda pausar e retomar a tarefa ativa, fazendo com que o tempo de execução recolhido seja mais fiável e possibilitando um controlo de pausas dos utilizadores.

O sistema deve garantir que seja possível manter mais do que uma tarefa ativa por OP. No entanto, cada utilizador apenas poderá ter uma tarefa ativa de cada vez, obrigando o colaborador a indicar que terminou a tarefa ativa e a fazer o respetivo registo antes de começar uma tarefa nova. Desta forma, fica assegurado que os tempos retirados pertencem apenas a uma só tarefa.

Relativamente ao ato do registo, este tem de ser feito assim que é dado conhecimento ao sistema de que uma tarefa foi terminada. No registo, o utilizador deverá indicar obrigatoriamente a quantidade processada, podendo informar opcionalmente quanto à quantidade de anomalias encontradas e/ou deixar outras observações (*inputs*).

Assim, de cada registo de operação é extraída a seguinte informação (*outputs*):

- Número de OP (considerando que o número de OP é único e tem associado apenas um produto);
- Nome de colaborador;
- Número da tarefa realizada;
- Dia da execução da tarefa;
- Hora de início de tarefa;
- Hora de término de tarefa;
- Tempo ativo;

- Quantidade processada;
- Tempo de pausa;
- Observações complementares: quantidade de anomalias encontradas; causas das anomalias encontradas; outras observações que o utilizador considere pertinentes.

A informação extraída do sistema deve ficar de imediato disponível e em formato que facilite o seu processamento e posterior análise. Deve ainda estar separada por OP, estando esta em execução ou finalizada.

Segundo Whitten e colegas (2004), com um diagrama de casos de uso é possível representar a interação entre o sistema e os utilizadores, descrevendo assim quem e quais as funcionalidades usadas para interagir com o sistema. Neste sentido, foi construído um diagrama de casos de uso, representado na figura 5, onde se podem consultar as principais funcionalidades que, segundo os requisitos apresentados, devem ser suportadas pela *ExatronicApp*, intervindo apenas um único ator, o colaborador.



Figura 5 - Diagrama de Casos de Uso com as funcionalidades da *ExatronicApp*

Para dar resposta às funcionalidades acima apresentadas, descrevendo a estrutura da informação que é utilizada na ExatronicApp, desenvolveu-se ainda um Diagrama de Classes representado pela figura 6.

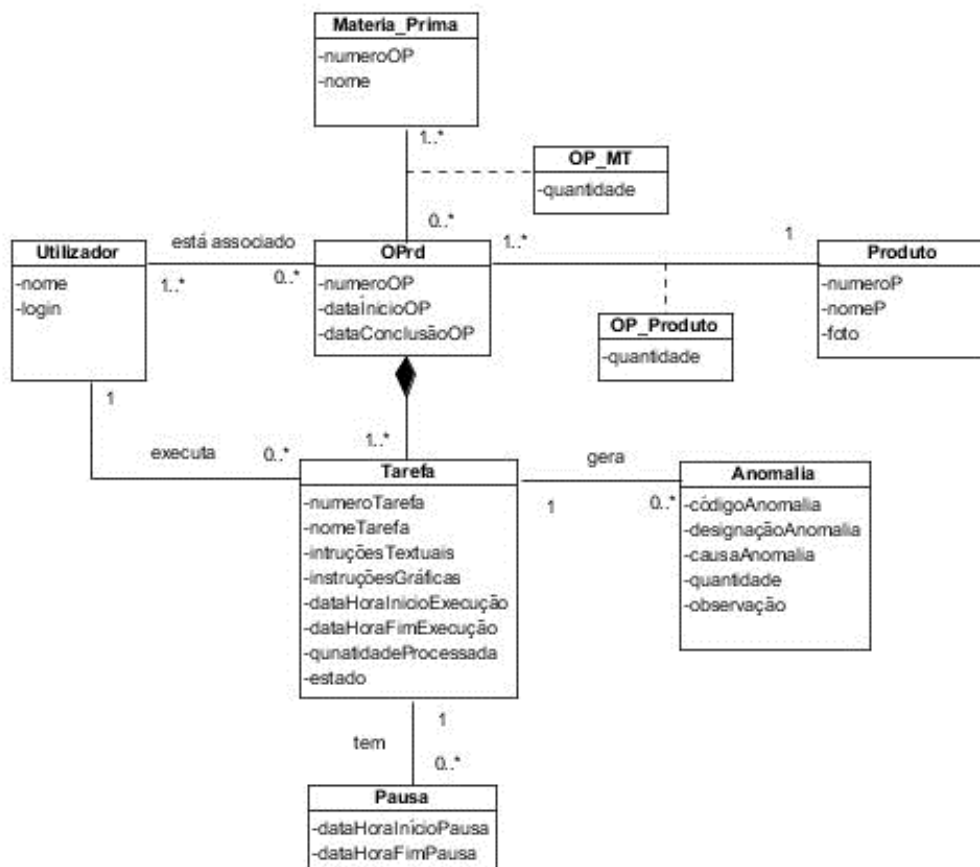


Figura 6 - Diagrama de Classes da ExatronicApp

No referido diagrama, está presente um conjunto de classes e respetivas relações e multiplicidades. Como se observa, cada utilizador terá acesso às OPrd ativas (em produção) e, no âmbito destas, às tarefas incluídas no registo de dados. Por cada tarefa terminada, terá que registar um conjunto de dados, desde quantidades produzidas, anomalias que possam ocorrer, quer em termos da produção, quer em termos dos processos (pausas nas tarefas), entre outros dados.

Segundo a representação do Diagrama de Classes, o registo de dados obedece a uma lógica associada aos fluxos de informação, sendo que cada OP é composta por várias tarefas e cada tarefa registada pertence a uma única OP.

Cada tarefa pode ter associadas determinadas anomalias, bem como pausas que levam à interrupção da execução das mesmas. As pausas representam uma paragem na contagem do tempo de execução, de modo a evitar distorção dos tempos de execução de tarefa. Esta classe contém ainda informação sobre instruções de execução de tarefa e o respetivo estado da mesma. O estado da tarefa, ativa ou não ativa, é alterado conforme esta está ou não a ser executada.

Faz parte ainda do registo de dados na *ExatronicApp*, a referência às quantidades produzidas relativas a uma OP, bem como às quantidades de materiais e/ou matérias-primas utilizadas.

Relativamente ao tipo de hardware onde a *ExatronicApp* deverá ser instalada, deverá ter-se em conta as suas características, ou seja, a aplicação móvel deve ser suportada pela maior percentagem de sistemas operativos possível.

4.2. Descrição da ExatronicApp em termos de Estrutura e Tecnologia

Considerando os requisitos citados anteriormente, a *ExatronicApp* foi desenvolvida para um sistema *Android*, já que é o sistema operativo mais utilizado, contando com uma quota de cerca de 82.8% a nível mundial em 2015, de acordo com um estudo da *International Data Corporation* (Smartphone OS Market Share, 2016).

Quanto à versão do sistema operativo *Android* que a aplicação deve suportar, teve-se em conta as diferentes versões já existentes e a distribuição das versões pelos dispositivos existentes (figura 7). Foi escolhida a versão 4.0 – *Ice Cream Sandwich*, de API (*Application Programming Interface*) 15. Como se pode verificar, esta versão poderá ser suportada por cerca de 96.8% dos aparelhos com sistema *Android*, já que aparelhos com versões anteriores, *Gingerbread* e *Froyo*, não suportam a versão escolhida (Android N Developer Preview, 2015).

Version	Codename	API	Distribution
2.2	Froyo	8	0.2%
2.3.3 - 2.3.7	Gingerbread	10	3.0%
4.0.3 - 4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	2.7%
4.1.x	Jelly Bean	16	9.0%
4.2.x		17	12.2%
4.3		18	3.5%
4.4	KitKat	19	36.1%
5.0	Lollipop	21	16.9%
5.1		22	15.7%
6.0	Marshmallow	23	0.7%

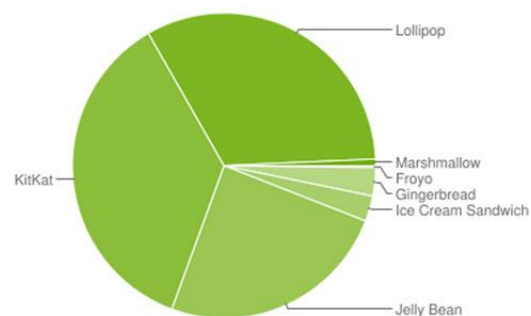


Figura 7 - Distribuição de versões de sistemas Android, fonte: Android N Developer Preview, 2015

Para desenvolvimento da *ExatronicApp* em sistema *Android*, foi utilizado o *Android Studio*, o IDE (*Integrated Development Environment*), um programa de computador que reúne características e ferramentas de apoio ao desenvolvimento de *software* com o objetivo de agilizar esse processo) oficial para desenvolvimento em *Android*.

Para o desenvolvimento da aplicação foi utilizada a linguagem de programação Java, bem como as ferramentas do JDK (*Java Development Kit*). Além disso, foi utilizado o *Android SDK* (*Software Development Kit*) para Java, visto conter uma série de ferramentas e bibliotecas para o desenvolvimento de uma aplicação *Android*.

No sentido de clarificar a sua utilização, foi criado um diagrama de atividades do fluxo de utilização da *ExatronicApp*, esquematizando de forma simples e sequencial, as atividades indispensáveis para a recolha de dados ser feita com sucesso (figura 8).

Como especificado nos requisitos, a interface foi criada com o intuito de ser “*user-friendly*”, garantindo que as atividades descritas no diagrama representado pela figura 8 sejam executadas de forma intuitiva.

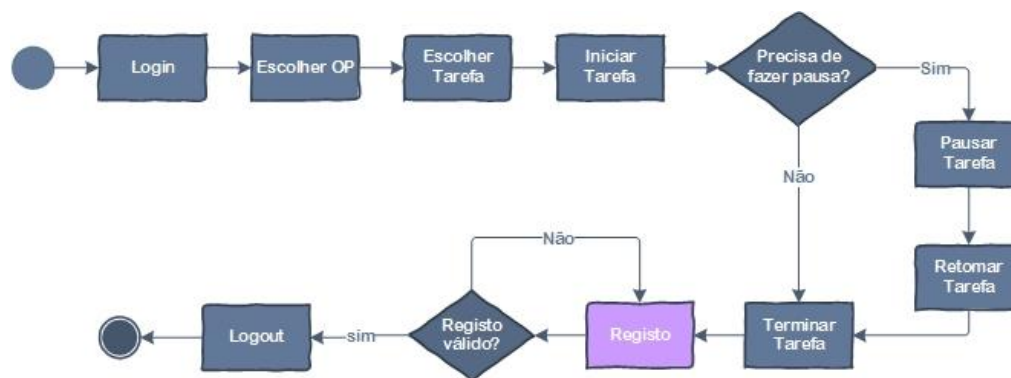


Figura 8 - Diagrama de atividades do fluxo de utilização da ExatronicApp

Como se verifica a partir do diagrama, o utilizador começa por fazer o *Login*, que está no menu inicial. O sistema dá acesso às OP disponíveis na produção diária (figura 9a). O utilizador pode confirmar a OP através da visualização de detalhes relativos à mesma a partir do respetivo número, nome, foto de produto ou matéria-prima envolvida (figura 9b).

Depois da escolha da OP, como se pode ver na figura 10a, são apresentadas ao utilizador todas as tarefas que desta fazem parte e as quais este pode realizar em chão-de-fábrica. Nesta interface, é também possível confirmar a tarefa que lhe foi atribuída a partir do número da tarefa, nome e instruções de execução, quer em formato escrito, quer em representação visual. Uma vez confirmada a tarefa a realizar, inicia a tarefa ativando o comando “Começar” e prossegue com a mesma.



Figura 9 - Interfaces da ExatronicApp, para visualização de (a) OPd e (b) respetivos detalhes (interfaces manipuladas para anonimizar produtos)

Tal como referido anteriormente, o utilizador pode ainda pausar e retomar a tarefa, caso necessite, ou dar por terminada a tarefa sem fazer qualquer pausa. Estas ações são controladas através dos comandos presentes na interface: “Pausar” (presente apenas com uma tarefa ativa), “Retomar” (presente apenas com uma pausa em curso) e “Parar” (figura 10b).

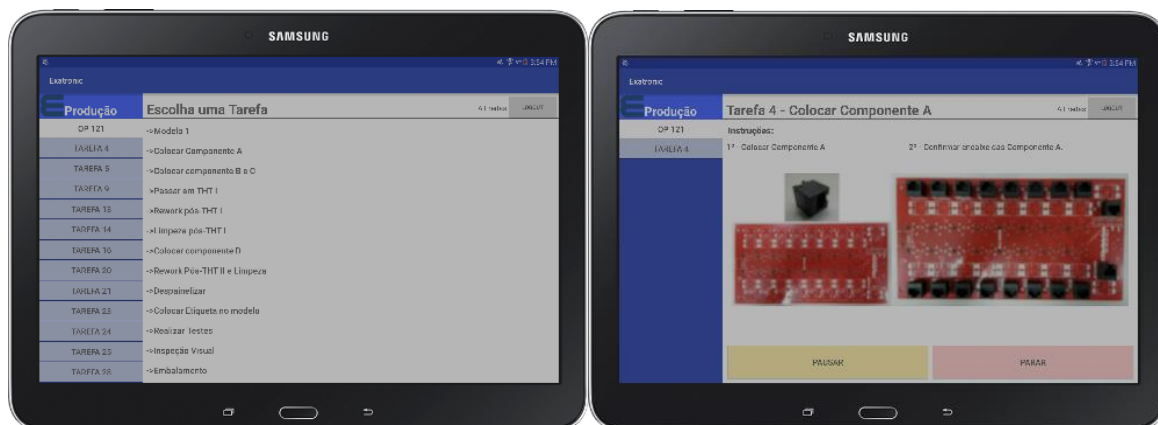


Figura 10 - Interfaces da ExatronicApp, para visualização de (a) das tarefas e (b) respetivos detalhes da tarefa selecionada (interfaces manipuladas para anonimizar produtos)

Terminada a tarefa, o utilizador é encaminhado para a interface de registo, onde é imperativo que faça um registo válido, já que o comando de “Logout”, como é possível ver na interface à esquerda na Figura 11, estará indisponível até que o registo se confirme válido.

Desta forma, para executar um registo válido o colaborador terá de introduzir a quantidade processada e, opcionalmente, poderá inserir anomalias encontradas, causas associadas às mesmas (selecionando a melhor opção descritiva) e ainda registar observações. Por fim, executando o comando “Registar”, é-lhe confirmado o registo e passa a estar disponível o comando “Logout” ou a possibilidade de voltar para a interface de OP (figura 11, à direita).

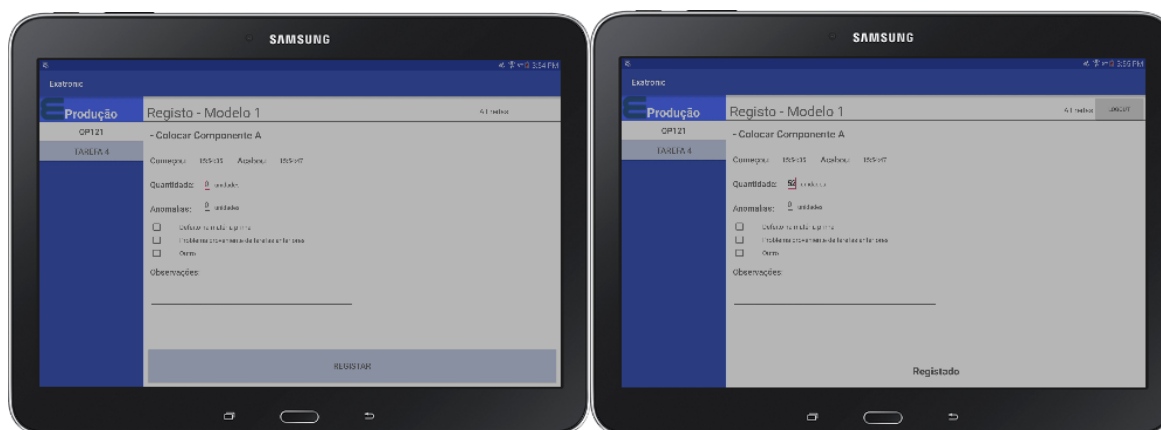


Figura 11 - Interfaces da ExatronicApp, exemplificando o registo de dados (interfaces manipuladas para anonimizar produtos)

A partir do Diagrama de Atividades representado na figura 12, é possível observar não só as diferentes opções disponíveis para a concretização do registo, como também as validações necessárias para que o registo seja válido.

Realce-se ainda que, sempre que é detetado um *input* inválido, o sistema envia um alerta ao utilizador. Neste, é relatado qual o *input* inválido e instruções para que o mesmo se torne válido (por exemplo, caso sejam digitados caracteres além de numéricos nos campos de quantidade, o sistema não valida o registo). O sistema emitirá ainda um alerta ao utilizador caso se verifique que o tempo de pausa é maior do que o respetivo tempo de execução de tarefa. Assim, o utilizador tem a oportunidade de deixar observações caso considere pertinente. Este alerta tem como objetivo diminuir anomalias de recolha de dados associadas a erros de utilização da *ExatronicApp* ou permitir que estas sejam detetadas mais rapidamente.

É ainda necessário notar que as atividades descritas anteriormente são apenas as mais relevantes a executar, já que, numa utilização a longo prazo e tendo em conta que o sistema é utilizado por vários utilizadores em simultâneo, a *ExatronicApp* permite que seja feito um *logout* entre qualquer uma das atividades descritas (à exceção da atividade do registo, como explicado anteriormente).

Adicionalmente, caso o utilizador faça *logout* enquanto tiver uma tarefa em curso, as informações relativas à atividade da mesma vão manter-se guardadas no sistema até que o mesmo volte a fazer *login* e, por fim, o registo de dados. No caso de um colaborador fizer *login* com uma tarefa ativa, o sistema verifica os dados em memória e direciona automaticamente para a interface da tarefa ativa, facilitando a utilização do sistema (diagrama de atividades completo em anexo E).

Por fim, com o intuito de mostrar a troca de mensagens entre os objetos envolvidos na utilização do sistema, desenvolveu-se um Diagrama de Sequências (figura 13). Neste tipo de diagramas, é dado especial foco à ordem e aos momentos nos quais as mensagens são enviadas (Vargas, 2007).

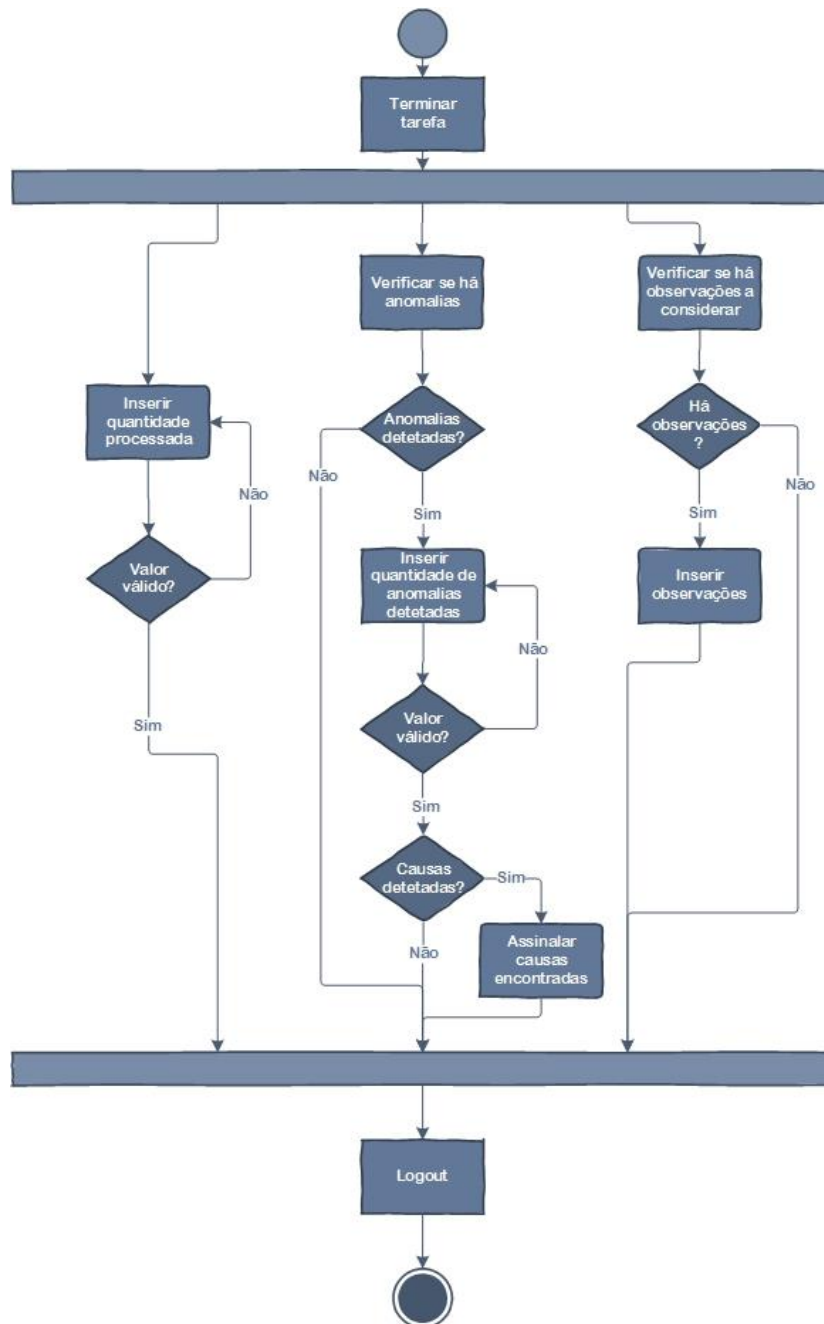


Figura 12 - Diagrama de atividades da interface Registo

Assim, podem observar-se os seguintes objetos constantes no sistema: *User*, *Interface* e *Sistema*. As mensagens são apresentadas cronologicamente, de cima para baixo, conforme o que acontece na realidade, à medida que o *User* interage com a *ExatronicApp*, destacando-se ainda as opções de utilização e validações do sistema, desde que o *User* faz o *Login* até ao *Logout* final.

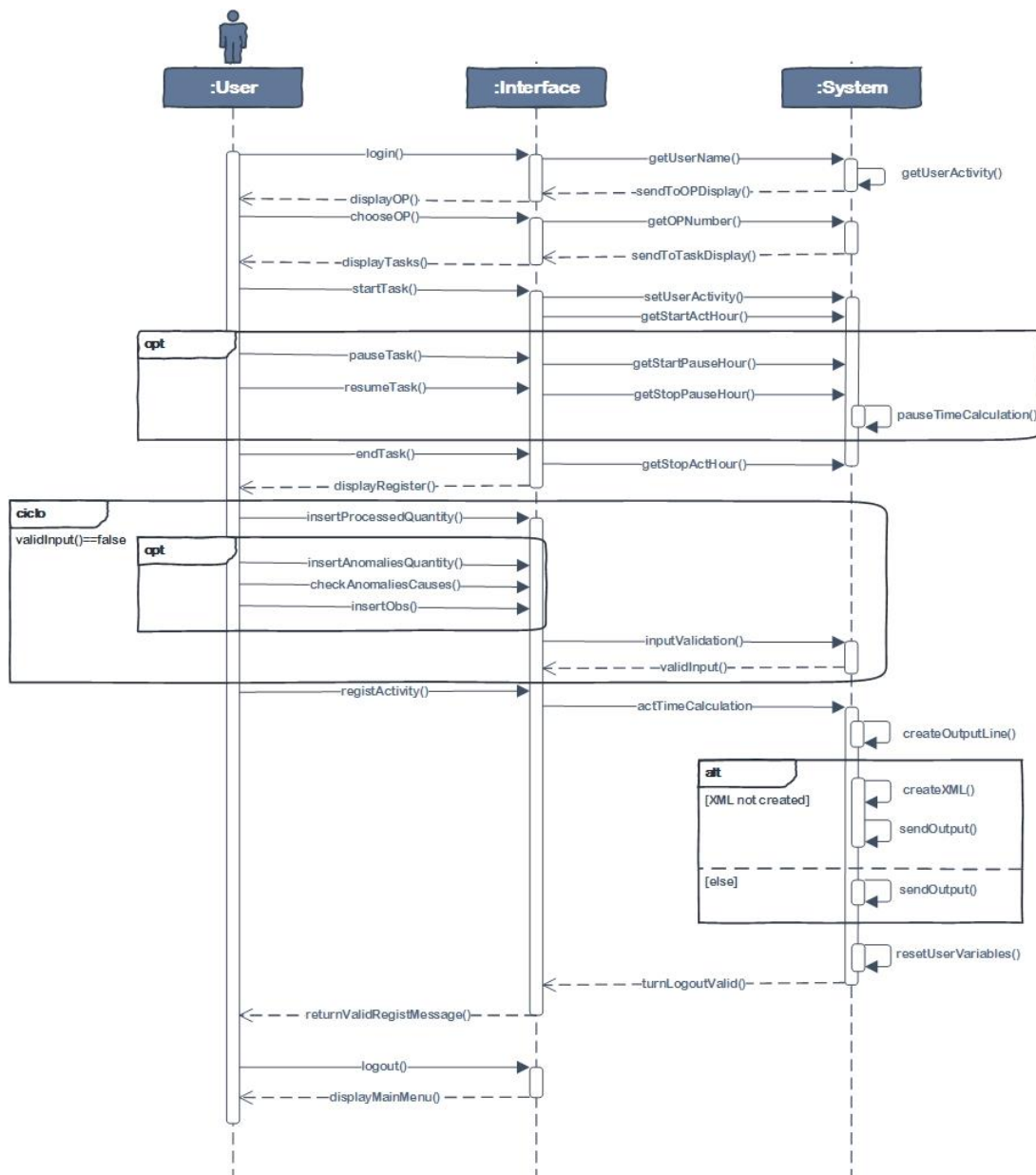


Figura 13 - Diagrama de sequências da ExatronicApp

A partir do Diagrama de Sequências, pode perceber-se em que momentos são guardados os dados no sistema, bem como de que forma o sistema reage às interações por parte do colaborador. Realçando novamente a atividade do registo, percebe-se como é que o sistema reage a um *input* de registo inválido, verificando-se que este inicia um ciclo de validação de dados que apenas termina quando os dados inseridos se confirmem válidos, ou seja, quando “*validInput()==true*”. Adicionalmente, para garantir que a informação do registo é desde logo guardada de forma organizada, neste caso em ficheiros de texto organizados por OP, quando é criada a linha de texto com a informação relativa ao registo, esta é direccionada para o ficheiro da OP correspondente. Assim, como se verifica no

diagrama, antes da informação ser enviada para ficheiro da OP a que corresponde, o sistema avalia a existência deste e caso o ficheiro da OP não exista o sistema cria um novo.

O sistema garante ainda que o colaborador possa iniciar uma nova atividade sem que a informação referente à sua atividade anterior interfira com a nova atividade. Esta garantia é salvaguardada quando o sistema ativa o comando que elimina todas as informações relativas a atividades anteriores desse colaborador (comando “*resetUserVariables()*”).

Por fim, o sistema volta a ativar o comando “*logout()*” ao colaborador e, em jeito de confirmação, informa-o de que o registo foi validado. Nesta fase, o colaborador pode iniciar uma nova tarefa ou fazer *logout*, terminando a interação com a *ExatronicApp*.

Após a finalização do sistema, este deve ser testado a fim de avaliar os requisitos e as funcionalidades apresentadas, não só para detetar possíveis erros na sua estrutura como também para identificar pontos onde esta pode ser melhorada.

4.3. Estudo de viabilidade da utilização da ExatronicApp

De forma a verificar se todos os requisitos exigidos foram cumpridos, bem como se as funcionalidades apresentadas foram bem conseguidas, a *ExatronicApp* teve um período de teste. Deste modo, esta foi instalada no departamento da Produção durante cerca de 6 semanas, durante as quais os colaboradores envolvidos nas OP cobertas pelo sistema foram autorizados a utilizar a mesma.

Durante este período, a *ExatronicApp* foi avaliada a nível operacional e funcional, de forma a ser equiparada ao sistema atual, determinar as suas vantagens e desvantagens, considerar a opinião dos colaboradores envolvidos, prever um período de transição para uma possível implementação definitiva e propor melhorias no sistema implementado.

Note-se ainda que a utilização da aplicação na Produção foi feita em simultâneo com o atual sistema de recolha de dados, tendo os colaboradores recebido formação sobre a mesma. Foi ainda garantido acompanhamento permanente durante a primeira semana de teste.

4.3.1. Impacto operacional

Com o objetivo de avaliar o impacto operacional da *ExatronicApp*, foi realizado um questionário de opinião, utilizando uma escala de nível hierárquico - Escala *Likert* – com cinco pontos de avaliação, representando o valor 1, “discordo totalmente”, e o valor 5 “concordo totalmente”, junto dos

colaboradores que tiveram interação com a mesma. Este, descrito no anexo F, foi preenchido pelo total de 10 colaboradores, com idades compreendidas entre os 19 e os 47 anos.

Com base no estudo efetuado, pretende-se obter conclusões quanto à facilidade de aprendizagem de utilização, facilidade de utilização, perceção de utilidade e aceitação da tecnologia dos colaboradores relativamente à nova solução. Na tabela 1, pode observar-se a distribuição de questões consideradas mais relevantes pelas categorias a avaliar. As questões que não foram consideradas para avaliação são questões de despiste que servem para perceber se os colaboradores estão a responder de forma atenta e consciente, tornando os resultados mais confiáveis. Destas, apenas algumas foram consideradas para a avaliação.

Categoria a avaliar	Grupo de Questões por categoria
Facilidade de aprendizagem	Q2; Q4; Q5
Facilidade de utilização	Q7; Q9; Q13; Q16; Q18
Perceção da utilidade	Q10; Q12; Q14; Q15; Q19
Aceitação da tecnologia	Q8; 21

Tabela 1 – Distribuição de questões por categoria a avaliar

Assim, na tabela 2, está representada a frequência absoluta das respostas respetivas à categoria “Facilidade de aprendizagem”. Esta categoria está focada no contacto dos colaboradores com sistemas *Android*. Nela verifica-se que 30% das pessoas atribuem o valor de ‘5’ e 40% atribuem o valor ‘4’ na Q2, dando indícios de que a maioria dos colaboradores tem facilidade em interagir com aparelhos munidos de sistema *Android*. No entanto, 40% dos colaboradores atribui o valor ‘4’ e 10% atribui o valor máximo, ‘5’, na Q5, onde se avalia a necessidade de formação para lidar com aparelhos de sistema *Android*.

Q Categoria: Facilidade de Aprendizagem	Valores da escala de Likert					Soma Ponderada
	1	2	3	4	5	
Q2. Sinto-me à vontade a usar aparelhos com sistema Android	0	1	2	4	3	39
Q4. Aprendo de forma autónoma a lidar com sistemas Android	1	4	2	2	1	28
Q5. Necessito de formação/ajuda para lidar com sistemas Android	3	2	0	4	1	28
% R	13%	23%	13%	33%	17%	

Tabela 2 - Frequências absolutas para as respostas da categoria "Facilidade de Aprendizagem"

O resultado da Q5 é ainda apoiado pela Q4, já que estas pretendem avaliar pontos diretamente relacionados (a autonomia e a necessidade de formação para operar aparelhos *Android*) e, à semelhança do que é esperado em perguntas de despiste, os resultados são inversamente semelhantes. Assim, verifica-se que 40% dos colaboradores atribuíram o valor ‘2’ e 10% atribuíram o valor mínimo, ‘1’, na questão Q4.

A partir do gráfico 1, onde se apresentam as medidas de localização e dispersão apresentadas no diagrama de caixa-de-bigodes das questões mencionadas, verifica-se que, tal como esperado, as questões Q4 e Q5 obtiveram um valor de mediana mais baixo, sendo os valores 2.5 e 3.0, respetivamente.

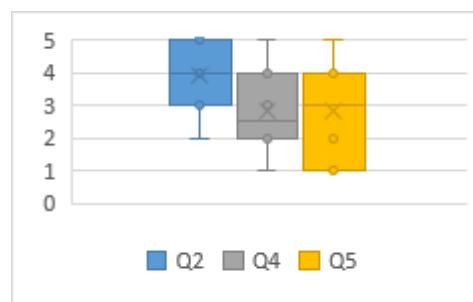


Gráfico 1 - Caixa de bigodes dos valores obtidos na categoria "Facilidade de Aprendizagem"

Relativamente aos resultados das questões no âmbito da categoria “Facilidade de utilização”, pode facilmente verificar-se que este é um ponto forte realçado pelos colaboradores. Apesar de se ter verificado avaliações elevadas na questão relacionada com a necessidade de formação, 50% avaliou com o valor máximo a Questão Q7 e 40% atribuiu-lhe o valor ‘4’. Adicionalmente, verificou-se ainda que a questão Q7 não tem quaisquer valores na pontuação ‘1’ e ‘2’. Com as Q13 e Q18 a apresentar exatamente os mesmos resultados que a Q7, todas elas apresentando um valor de mediana de 4.5, conclui-se que foi conseguida a característica de “user-friendly” (tabela 3, gráfico 2).

Q Categoria: Facilidade de Utilização	Valores da escala de Likert					Soma Ponderada
	1	2	3	4	5	
Q7. Aprendi rapidamente a utilizar a <i>ExatronicApp</i> .	0	0	1	4	5	44
Q9. Sou capaz de usar sozinho(a) a <i>ExatronicApp</i> .	0	0	2	3	5	43
Q13. Na <i>ExatronicApp</i> , é fácil identificar o produto de cada OPrd.	0	0	1	4	5	44
Q16. Achei que o funcionamento da <i>ExatronicApp</i> é confuso.	4	4	2	0	0	18
Q18. Na <i>ExatronicApp</i> , consigo facilmente identificar qual a tarefa que vou começar a fazer.	0	0	1	4	5	44
% R	8%	8%	14%	30%	40%	

Tabela 3 - Frequências absolutas para as respostas da categoria "Facilidade de utilização"

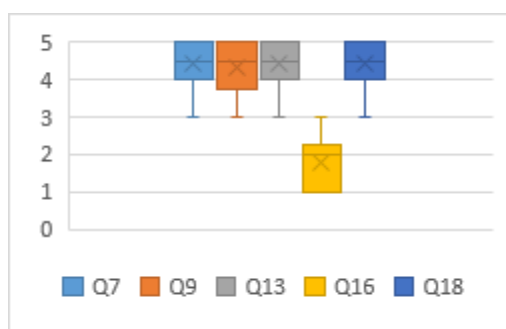


Gráfico 2 - Caixa de bigodes dos valores obtidos na categoria "Facilidade de utilização"

Usando ainda a tabela 3 como referência, a partir dos resultados da questão Q9, verifica-se que esta foi avaliada com valores ‘5’ e ‘4’ por, respetivamente, 50% e 30% dos colaboradores. Esta avaliação leva a querer que a maioria consegue utilizar a *ExatronicApp* sem qualquer auxílio. Nesta categoria, a questão Q16 foi usada como despiste, com o objetivo de obter resultados contrários às das restantes questões, objetivo esse que, como se pode confirmar a partir do Gráfico 2, foi conseguido.

Com o intuito de se verificar se a utilidade da aplicação móvel foi percebida, foram feitas as questões presentes na tabela 4, representando a categoria “Percepção da Utilidade”.

Q Categoria: Percepção da Utilidade	Valores da escala de <i>Likert</i>					Soma Ponderada
	1	2	3	4	5	
Q10. Não entendi o objetivo de ter usado a <i>ExatronicApp</i> na produção.	6	4	0	0	0	14
Q12. Lembro-me mais vezes de apontar anomalias detetadas se usar a <i>ExatronicApp</i> .	0	0	3	6	1	38
Q14. Considero que seria mais prático se as informações sobre as Ordens de Produção ativas estivessem todas no mesmo sítio, à semelhança da <i>ExatronicApp</i> .	0	1	2	4	3	39
Q15. É mais rápido preencher dados na <i>ExatronicApp</i> do que na folha Ordem de Produção	0	1	1	3	5	42
Q19. Sempre que comecei uma tarefa na <i>ExatronicApp</i> , confirmei as instruções de execução da tarefa.	0	1	4	4	1	35
% R	12%	14%	20%	34%	20%	

Tabela 4 - Frequências absolutas para as respostas da categoria "Percepção da Utilidade"

Focando a questão Q15, onde 50% dos colaboradores pontuam com o valor máximo e 30% com o valor ‘4’, verificam-se resultados bastante positivos. Esta questão apresenta não só o maior valor da soma ponderada, como também o maior valor de mediana desta categoria com um valor de mediada de 4.5 (Gráfico 3). Estes resultados levam a crer que a maioria dos colaboradores considera que o registo de dados a partir da *ExatronicApp* será mais rápido que o sistema atual.

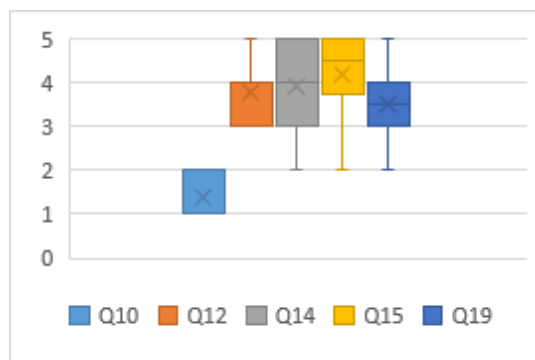


Gráfico 3 - Caixa de bigodes dos valores obtidos na categoria "Percepção de Utilidade"

Quanto às questões Q12 e Q19, que representam funcionalidades que o sistema atual não possui, confirma-se uma atitude bastante positiva. Relativamente à Q12, 60% dos colaboradores atribuíram o valor ‘4’ e 10% atribuíram o valor ‘5’, indicando que os colaboradores reportam anomalias mais frequentemente com a utilização da nova solução. Quanto aos resultados referentes à questão Q19, também se acredita que a interface dedicada às instruções para consulta das mesmas se mostrou útil, já que, apesar de 50% dos colaboradores terem atribuído o valor ‘3’, considerado nulo em questões de avaliação, esta ainda apresenta uma mediana de 3.5 devido às pontuações presentes nos valores ‘4’ e ‘5’.

Foi novamente utilizada uma questão para despiste de respostas, representada pela questão Q10, verificando-se mais uma vez os resultados pretendidos como se verifica na tabela 4.

Assim, com os resultados obtidos nas questões que representam a categoria “Percepção da Utilidade”, conclui-se que, de uma forma geral, os colaboradores consideram a *ExatronicApp* uma solução que poderia vir a melhorar o quotidiano laboral, considerando que o registo de dados é uma constante do mesmo. Em adição, garantindo que estes utilizam as novas funcionalidades apresentadas, prevê-se que anomalias no processo produtivo sejam detetadas mais facilmente, bem como uma diminuição de erros de execução de tarefas por via de consulta de instruções.

Finalmente, no que diz respeito à forma como os colaboradores vêm a nova aplicação - como uma solução futura e permanente - foi avaliada a categoria “Aceitação da tecnologia”. A partir dos resultados obtidos, verifica-se que os colaboradores concordam que a mudança de método de registo de dados para a solução apresentada no estudo seria bem aceite, já que 70% dos colaboradores pontuam a questão Q21 com o valor máximo e 20% com o valor ‘4’ (tabela 5).

Q Categoria: Aceitação da Tecnologia	Valores da escala de Likert					Soma Ponderada
	1	2	3	4	5	
Q8. Considero mais prático anotar dados relativos à produção em papel do que na <i>ExatronicApp</i> .	0	1	2	4	3	39
Q21. No futuro, preferia recolher dados de produção apenas por um sistema digital igual ou semelhante à <i>ExatronicApp</i> .	0	1	0	2	7	45
% R	0%	10%	10%	30%	50%	

Tabela 5 - Frequências absolutas para as respostas da categoria “Percepção da Utilidade”

Adicionalmente, a partir dos resultados da questão Q8, verifica-se ainda uma preferência pela utilização da nova solução no próprio registo de dados, em prol do sistema manual usado atualmente (tabela 5, Gráfico 4).

Em suma, conclui-se que a *ExatronicApp* ponderada como nova solução para registo de dados, foi bem aceite pelos colaboradores, considerando-a uma solução de fácil utilização e compreensão. Mostram-se ainda não relutantes a uma mudança definitiva, o que ajudaria a ultrapassar alguns desafios normalmente presentes em procedimentos de mudança no dia-a-dia laboral, caso esta nova solução se aplique no futuro.

No entanto, e tendo em conta que o modo de registo de dados atual difere em muito relativamente à nova solução, e considerando os resultados obtidos, justifica-se a necessidade de executar uma formação inicial junto dos potenciais utilizadores.

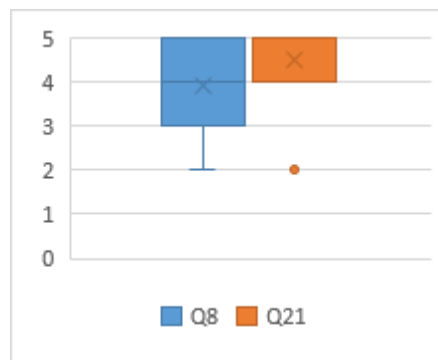


Gráfico 4 - Caixa de bigodes dos valores obtidos na categoria “Aceitação da tecnologia”

4.3.2. Avaliação funcional da ExatronicApp

A avaliação funcional visa avaliar as funcionalidades propostas em termos práticos, considerando limitações futuras do sistema desenvolvido. Em geral, a *ExatronicApp* responde aos objetivos propostos inicialmente, demonstrando que é possível tornar a recolha de dados mais rápida e prática e ao mesmo tempo exigindo uma intervenção pequena por parte dos colaboradores para essa recolha. No entanto, apesar das vantagens, foram encontradas algumas limitações que devem ser analisadas.

Considerando as funcionalidades relacionadas diretamente com os colaboradores, ou seja, em termos de utilização direta, comparada com o sistema atual a nova solução torna o registo de dados mais preciso em termos de contagens de tempo de execução de tarefas. Isto deve-se ao facto de ser o sistema que guarda a hora de início e término de tarefa, e não o colaborador, evitando adulterações de horas por parte dos colaboradores, possível no registo manual.

A nova solução permite ainda que a Gestão de Produção da empresa tenha acesso ao tempo de pausa exato usufruído pelos colaboradores, não sendo este tempo contabilizado no sistema atual. No entanto, é necessário considerar que podem surgir anomalias provenientes de má utilização da aplicação móvel, como seja o caso do colaborador se esquecer de dar início ou fim à tarefa. Ainda relativamente a anomalias de má utilização por parte dos colaboradores, supõe-se que o facto de se ter usado apenas um dispositivo tenha levado ao esquecimento de utilização do sistema, já que, havendo um só dispositivo, o sistema apenas se encontrava numa localização no chão-de-fábrica e por isso com pouca visibilidade para todos os postos. Além disso, estando apenas numa localização, os colaboradores acabam por ser forçados a fazer deslocações extra para registo de dados.

A partir dos resultados provenientes do questionário efetuado aos colaboradores e do tratamento de dados recolhidos, verificou-se que houve adesão à indicação de deteção de anomalias ao longo da execução de tarefas. Este resultado pode justificar-se pelo facto do formulário de registo do novo sistema alertar para que seja feita essa indicação, ao contrário do que acontece no sistema antigo. Esta indicação permite ainda garantir que a deteção de anomalias na produção seja mais rápida.

Confirmou-se ainda que os colaboradores acabam por confirmar as instruções de tarefas antes dos seus começos efetivos se as mesmas forem definidas como um procedimento regular no ato de início de cada uma. Esta indicação é de resto detetada também nos resultados do questionário realizado. (indicação detetada também nos resultados do questionário realizado).

Ao longo do período de teste verificou-se que, por vezes, os colaboradores tinham de pausar a tarefa em curso e executar (por exemplo por questões de prioridades na produção). No sistema desenvolvido o colaborador não pode ter duas tarefas ativas em simultâneo, ainda que uma delas esteja em pausa. Desta forma, nestes casos, o colaborador tem de dar como terminada a tarefa que

vai pausar (fazendo o registo da produção até ao momento), dar início e término à tarefa a intercalar, e voltar a dar início à tarefa que estava a executar anteriormente. Este procedimento não é considerado prático, o que desde logo se traduz numa desvantagem deste sistema comparativamente com o atual.

Relativamente ao *login*, esta operação é rápida e simples para o colaborador, visto que não foi implementado qualquer tipo de validação, desde logo para evitar perdas de tempo neste passo. Este procedimento não é considerado prático, o que desde logo se traduz numa desvantagem deste sistema comparativamente com o atual.

Quando analisadas as funcionalidades que dizem respeito ao tratamento de dados, a primeira característica considerada como uma vantagem é a confirmação de que o tratamento de dados se torna efetivamente mais rápido que o do sistema atual. Tal se sucede não só porque o formato dos dados passa a ser digital, mas também porque a organização dos dados criada pela aplicação móvel permite retirar conclusões de forma mais rápida.

Para além de permitir retirar conclusões quanto a tempos de execução de tarefa, tempo de ciclo (TC) e *Lead Time* dos produtos fabricados, o sistema permite ainda que os gestores de produção tenham uma maior perceção da produção diária, criando objetivos de produção tão viáveis quanto possível. Atualmente, esta variável é calculada por um sistema diferente do sistema de registo atual e, à semelhança do sistema a ser substituído, este é um sistema manual que exige que os seus dados e histórico estejam no formato manuscrito.

Às vantagens já mencionadas acrescenta-se a dos gestores de produção terem uma maior perceção relativamente ao colaborador mais indicado para realizar as tarefas que uma produção. Desta forma, o trabalho realizado por cada um é potenciado e, possivelmente, também a eficiência da produção na sua globalidade. A nível de gestão de recursos humanos, note-se ainda que os gestores terão uma maior noção da pontualidade e dos tempos de pausas dos colaboradores, identificando rapidamente possíveis recorrências por parte dos mesmos.

No que diz respeito à consulta de informação por parte dos gestores de produção, tal só pode ocorrer quando o registo é concluído, ainda que a *ExatronicApp* guarde os dados sobre as tarefas que estão em curso até que os colaboradores as finalizem com registo. No entanto, após o registo, os dados são de fácil acesso no dispositivo em que a aplicação estiver a correr.

Relativamente à inserção de informação na *ExatronicApp*, seja sobre os colaboradores, seja sobre OP e as suas respetivas tarefas, esta é feita manualmente no sistema, ou seja, à medida que vai sendo necessário inserir e retirar OP em curso na produção, ou outro tipo de informação, o tempo despendido na gestão de informação pode ser considerado significativo. Adicionalmente, para a

inserção desta informação são necessários conhecimentos de programação ao nível do *software Android Studio*, e consequentemente, conhecimentos de programação na linguagem *Java*, ou seja, deveria existir pelo menos uma pessoa com competências para o fazer.

Por fim, a forma adotada para dar suporte ao tratamento de dados mostrou-se prática para o caso de estudo, tendo sido bem aceite por parte dos gestores de produção. Contudo, prevê-se que, a longo prazo, o aumento de documentos relativos às diferentes OP, ainda que em formato digital, possa tornar-se significativo, dificultando a comparação entre as OP ou mesmo a consulta de histórico. Ainda assim, a forma como a informação é organizada na nova solução é melhor do que a aplicada no sistema atual.

4.4. Sugestões de melhorias ao sistema implementado

Procurando responder às lacunas detetadas na nova solução e garantindo que esta ganhe mais valor junto da empresa, foram propostos novos procedimentos e funcionalidades:

Problema	Solução
1. Incorreta utilização por parte dos colaboradores	Garantir uma formação completa acerca da <i>ExatronicApp</i> e maior acompanhamento aquando da implementação da mesma.
2. Impossibilidade de executar mais do que uma tarefa em simultâneo pelo mesmo colaborador	Possibilitar a execução de mais do que uma tarefa, salvo pausa da tarefa inicial.
3. <i>Login</i> sem credenciais (possibilitando adulteração de dados entre colaboradores)	Criar <i>login</i> com credenciais, sendo este implementado com recurso a sistema biométrico ou a cartão magnético.
4. Impossibilidade de consulta da informação acerca dos dados recolhidos na <i>ExatronicApp</i>	Criar novo perfil de utilizador: possibilitando ao gestor de operações visualizar os dados em tratamento e recolhidos.
5. Inserção de informação na <i>ExatronicApp</i> com necessidade de conhecimento de programação	Criar novo perfil de utilizador, possibilitando a adição, edição e eliminação e informação acerca das OP.
6. Deslocações extra para fazer registo de dados	Instalar vários dispositivos ao longo do chão-de-fábrica em localizações estratégicas.
7. Potencial excesso de armazenamento de documentos criados pela <i>ExatronicApp</i>	Ligação a uma base de dados, por forma a que a informação fique organizada, sem que esta se multiplique de forma desnecessária.

Tabela 6 - Limitações e respetivas soluções encontrados relativamente à *ExatronicApp*

Refletindo sobre as soluções propostas na tabela 6, existem algumas que devem ser tidas em consideração. Relativamente à criação de credenciais, deve ter-se em conta que a utilização de palavra-passe pode aumentar o tempo despendido para o registo de dados, propondo-se por isso que o *login* seja feito com recurso a sistema biométrico ou com cartão magnético.

Ainda deliberando sobre as soluções propostas, se forem instalados vários dispositivos ao longo do chão-de-fábrica, passaria a ser imperativo que estes estivessem ligados em rede para que os dados recolhidos mantenham a sua integridade, como se de um sistema único se tratasse. Consequentemente, seria evitado que a informação sobre as tarefas fique dispersa por vários dispositivos. Além disso, sem uma ligação em rede, os colaboradores seriam obrigados a deslocar-se sempre ao mesmo dispositivo, causando possíveis deslocações extra.

Além das funcionalidades propostas para resolução dos problemas encontrados, foram consideradas mais algumas funcionalidades que se acredita que acrescentariam valor à *ExatronicApp*. Na lista seguinte são apresentadas a totalidade das novas funcionalidades propostas:

- Ligação à internet e intranet da empresa;
- Ligação/Integração em rede para partilha de dados com um SI e/ou com o ERP presente na empresa;
- Credenciais no *login* (sistema biométrico ou cartão magnético)
- Multiutilizadores: colaboradores e gestor de operações (para administrador da aplicação);
- Informação de OP automaticamente descarregada por parte do utilizador “gestor de operações”;
- Ligação às máquinas existentes para monitorização automática das mesmas;
- Gestão de recursos;
- Consulta de listas e cálculos relativos à produtividade;
- Gestão documental;
- Possibilidade de *multitask* para os colaboradores;
- Envio de mensagens de alarme;
- Acesso a dados ativos e histórico de dados.

Analisando as novas funcionalidades apresentadas, começando pela função relacionada com a gestão de recursos, esta inclui a possibilidade de os gestores de operações alocarem recursos, bem como a de consultar a atividade de cada colaborador, desde presenças, inatividades ou mesmo índice de produtividade. Esta funcionalidade também iria controlar e incentivar os colaboradores que não utilizam o sistema atual, como mencionado na secção 3.3.

No caso da funcionalidade relativa a consultas e cálculos relacionados com a produtividade, pretende-se que a aplicação móvel consiga produzir gráficos ou índices que auxiliem a gestão de produção, desde produção diária, taxa de anomalias ou percentagem de objetivos cumpridos. Seria ainda uma mais-valia se fosse implementado um sistema de mensagens de alarme, por exemplo via *email*, para que os gestores fossem notificados de acontecimentos que considerem pertinentes.

Quanto à gestão documental, seria uma grande vantagem caso fosse possível criar formulários a partir de consultas de informação ou se houvesse acesso a um terminal de impressora.

Com a totalidade das funcionalidades apresentadas acredita-se que o novo sistema seria uma mais valia para a empresa, dando suporte ao departamento da produção de forma a que esteja integrado no planeamento e gestão das ordens de produção, na gestão de recursos humanos e gestão da qualidade. Adicionalmente, a adição das funcionalidades mencionadas aumentam a possibilidade do sistema desenvolvido se torne num sistema MES, cobrindo todas as funcionalidades mencionadas na revisão bibliográfica (secção 2.3.1).

5. Recolha e Análise de Dados

5.1. Recolha de Dados

Tal como foi referido na secção 3.2, a recolha e análise de dados incidiu apenas no produto que não possuía quaisquer dados históricos.

Tendo como caso de estudo um produto que pode ser produzido de acordo com 8 modelos distintos, em que cada um deles difere dos outros apenas na quantidade de matéria-prima, apenas um foi escolhido para análise.

Os dados recolhidos correspondem a três ordens de produção (OPrd) distintas do mesmo modelo. Deste modo, a amostra de dados permite analisar cronometragens de diferentes colaboradores para a mesma tarefa.

Como já mencionado anteriormente (secção 3.3), apenas algumas tarefas têm postos de trabalho efetivos, pelo que apenas estas foram seleccionadas para efeitos de monitorização. Às restantes foram atribuídos tempos de execução através de estimativas dos gestores de operações da empresa, uma vez que não estes tempos não variam com a quantidade envolvida em cada OP, considerando-se assim tempos de execução fixos.

Como explicado na secção 3.3, a tarefa 18, “Passar a unidade na máquina THT-II”, é sempre executada em simultâneo ou com a tarefa que a antecede ou com a tarefa que a sucede: as tarefas 16 ou 20 (“Colocar componente D na unidade” e tarefa 20, “*Rework* pós THT-II”, respetivamente) (figura 4). Assim, em termos de registo de tempos de execução de tarefas, a tarefa 18 foi sempre cronometrada juntamente com uma delas.

Deste modo, foram criadas, apenas para efeito de registo de dados, duas tarefas extra onde se representam as seguintes combinações: tarefa 18 com a tarefa 16, representada como 16S, “Colocar componente D na unidade e passar unidade na máquina THT-II”; e tarefa 18 com a tarefa 20, representada como tarefa 20S, “Passar unidade na máquina THT-II e fazer *rework* pós THT-II”.

Na tabela 7 encontram-se as tarefas consideradas para a recolha de dados. De acordo com a explicação anterior, foram incluídas as tarefas 16S e 20S e não foi considerada a tarefa 18.

Número	Nome
Tarefa 4	Colocar componente A na unidade
Tarefa 5	Colocar componentes B e C na unidade
Tarefa 9	Passar unidade na máquina THT-I
Tarefa 13	<i>Rework</i> pós THT-I
Tarefa 14	Limpeza
Tarefa 16	Colocar componente D na unidade
Tarefa 16S	Colocar componente D na unidade e passar unidade na máquina THT-II
Tarefa 20S	Passar unidade na máquina THT-II e fazer <i>rework</i> pós THT-II
Tarefa 20	<i>Rework</i> pós THT-II
Tarefa 21	Despainelizar
Tarefa 23	Colocar etiqueta na unidade
Tarefa 25	Inspeção visual
Tarefa 28	Embalamento das unidades em caixas

Tabela 7 - Tarefas que participaram na recolha de dados

5.2. Tempos de Execução, Tempo de Ciclo e Lead Time de Produção

Com os dados recolhidos pela *ExatronicApp*, é possível obter tempos de execução de tarefas e, consequentemente, tempos de ciclo e *Lead Time* (LT) do processo produtivo. Os cálculos e resultados desta secção foram obtidos com o auxílio da base de dados desenvolvida para dar suporte no tratamento e análise dos dados. A partir desta, e utilizando as fórmulas e metodologias abordadas na revisão bibliográfica (secção 2), os resultados foram obtidos de forma rápida e automática. Isto permitiu ir de encontro com as medidas associadas ao *Lean Manufacturing* e eliminar parte do desperdício de tempo necessário para o tratamento de dados com o sistema de recolha anterior.

Segundo Stevenson (2001), o Tempo de Ciclo (TC) é o tempo máximo permitido para a realização de uma tarefa em cada estação de trabalho, sendo este também necessário para definir a velocidade de produção de uma linha.

Assim, considerando um tempo de turno de 8h e um número de unidades produzidas por dia de 200 unidades (valor estimado pelo gestor de produção, dado não existirem registos de produção deste produto num turno inteiro), chega-se a um TC de 2,4 min/unidade, ou seja, 144 segundos por unidade (Equação 3).

Na tabela 8 podem encontrar-se os Tempos de Execução (TE) das tarefas, o TE por OP (considerando uma OP de 250 unidades, valor que corresponde quantidade mínima de produção para uma OP) e a capacidade produtiva por turno (calculada a partir dos tempos de execução das respetivas tarefas).

$$TC = \frac{\text{Tempo disponível por turno}}{\text{Número de unidades por turno}}$$

Equação 3 - Tempo de Ciclo

Como referido anteriormente, as tarefas 16S e 20S foram incluídas no processo de recolha de dados. No entanto, estas não são consideradas para o cálculo do LT já que, para o cálculo deste valor é considerado o cenário de produção simples, intitulado de “Cenário Simples”. Este cenário é considerado para que se consiga chegar ao tempo de LT efetivo, incluindo assim o tempo gasto na máquina THT-II, que não é contabilizado em nenhum dos sistemas de recolha de dados.

Assim, no cenário simples, a tarefa 18, “Passar a unidade na máquina THT-II”, é executada individualmente e são excluídas as tarefas 16S, “Colocar componente D na unidade e passar unidade na máquina THT-II”, e 20S, “Passar unidade na máquina THT-II e fazer rework pós THT-II”. Deste modo, é utilizado o TE da tarefa 18, calculado (a título excecional, pois, como explicado anteriormente, não é executada de forma individual) fora do sistema de recolha de dados desenvolvido onde se chegou a um TE de 142 segundos por unidade.

Número	Nome	TE (minutos / unidade)	TE por OP (horas /250 unidades)	Capacidade Técnica por Turno (8horas)
Tarefa 4	Colocar componente A na unidade	2:03	08:32:14	235 unidades
Tarefa 5	Colocar componentes B e C na unidade	1:47	08:09:52	245 unidades
Tarefa 9	Passar unidade na máquina THT-I	1:04	04:25:13	452 unidades
Tarefa 13	Rework pós THT-I	2:04	08:37:51	232 unidades
Tarefa 14	Limpeza	2:02	08:27:51	237 unidades
Tarefa 16	Colocar componente D na unidade	1:05	04:32:03	442 unidades
Tarefa 16S	Colocar componente D na unidade e passar unidade na máquina THT-II	1:18	05:23:19	371 unidades
Tarefa 20	Rework pós THT-II	1:57	08:05:59	247 unidades
Tarefa 20S	Passar unidade na máquina THT-II e rework pós THT-II	2:18	09:35:54	209 unidades
Tarefa 21	Despainelizar	0:21	01:26:53	1382 unidades
Tarefa 23	Colocar etiqueta na unidade	0:06	00:25:38	4680 unidades
Tarefa 25	Inspeção visual	0:17	01:10:57	1692 unidades
Tarefa 28	Embalamento das unidades em caixas	0:11	00:43:53	2735 unidades

Tabela 8 - Tempos de Execução de tarefas medidos pelo novo sistema de recolha de dados e capacidade das tarefas

Como referido anteriormente, nem todas as tarefas estão sujeitas a controlo. Apenas as tarefas com posto de trabalho fixo são incluídas no sistema de recolha de dados. (tarefas presentes na tabela 8).

Porém, existem tarefas que sendo executadas uma única vez por OP (como as tarefas de preparação dos postos ou etiquetagem de caixas), têm TE fixos, ou seja, independentemente da quantidade de produção é sempre gasto aproximadamente o mesmo tempo por OP. Deste modo, é apenas possível contabilizar os TE destas tarefas por OP e não por unidade. Assim, criou-se a tabela 9 onde estão apresentadas essas tarefas, bem como os respetivos TE estimados por OP.

Existem, no entanto, tarefas que não são referidas nas tabelas 8 ou 9 (tarefas estas presentes na figura 4, secção 3.3). Isto deve-se ao facto da execução das mesmas estar agrupada com tarefas subjacentes e, por isso, os seus TE estão incluídos nas tarefas de posto fixo (presentes na tabela 7). exemplo, as tarefas de deslocamento de carrinhos, como a tarefa 6 (“Transferir para o carrinho”) ou tarefa 11 (“Mover carro para local 18”), são cronometradas juntamente com as tarefas 5 e 13, respetivamente, não havendo assim necessidade de serem contabilizadas de forma individual, à semelhança das tarefas das tabelas referidas.

Número	Nome	Tempo de Execução (minutos por OP)
Tarefa 1	Preparar a MP	30
Tarefa 2	Efetuar distribuição de MP pelos buffers	15
Tarefa 7	Programação da máquina THT - I	15
Tarefa 17	Programação da máquina THT - II	15
Tarefa 22	Fazer e imprimir etiquetas para unidades	5
Tarefa 24	Realizar testes: categoria e funcional	40
Tarefa 29	Fazer e imprimir etiquetas para caixas	10
Tarefa 30	Colocar etiquetas nas caixas	3
Total		93

Tabela 9 - Tempos de Execução estimados das tarefas de execução única por OP

A partir dos dados recolhidos, é possível ainda chegar-se a um valor relativo ao *Lead Time*. Segundo Rother e Shook (1999), este consiste no intervalo de tempo que uma unidade demora a percorrer um processo ou uma cadeia de valor. Assim, para o seu cálculo, foi considerado o tempo desde a entrada da matéria-prima até à entrega do produto final ao cliente, incluindo todos os processos de produção envolvidos.

Deste modo, considerando os dados recolhidos, o valor de *Lead Time*, para uma OP base de 250 unidades, foi calculado através do somatório dos seguintes fatores: TE por OP presentes na tabela 8, excluindo os TE das tarefas 16S e 20S; TE da tarefa 18 de 9 horas e 52 minutos (2 minutos e 22 segundos multiplicado pelas 250 unidades base); somatório dos TE das tarefas de execução única por OP (apresentadas na tabela 9). Assim, chega-se ao *Lead Time* de aproximadamente 66 horas e 31 minutos para uma OP de 250 unidades.

Seria ainda pertinente considerar para o cálculo de *Lead Time* o intervalo de tempo entre o pedido do cliente e a chegada da matéria-prima. Todavia, para o caso de estudo em questão, concluiu-se que não é possível chegar a uma aproximação desse valor, já que este está dependente de várias condições sobre as quais não foram feitos quaisquer estudos. Por exemplo: intervalo de tempo entre o pedido à área comercial e a afetação do pedido no ERP da empresa; prioridade que a empresa atribui ao pedido relativamente aos existentes; prazo de entrega acordado com o cliente; disponibilidade em *stock* ou prazos de entrega de toda a matéria-prima envolvida; alocação das máquinas e recursos-humanos.

Depois de determinados o TC e *Lead Time*, torna-se mais fácil aplicar medidas para a diminuição dos mesmos, e para a identificação dos principais focos de ação. Um dos métodos aplicados foi o balanceamento de linha.

5.3. Balanceamento da linha de produção

Por forma a que quando é criada uma linha de produção para um determinado produto o balanceamento de carga seja feito de forma correta é necessário ter em conta o número de postos e os respetivos TE das tarefas envolvidas.

Uma linha diz-se balanceada se a distribuição de tarefas pelos diferentes postos estiver equilibrada relativamente ao tempo total afeto a cada posto de trabalho. Assim, como principais objetivos, destacam-se a diminuição do TC do produto, a minimização dos tempos de inatividade e harmonização da carga de trabalho pelos postos, garantindo satisfeita a procura do produto (Simaria & Vilarinho, 2004). Se tais objetivos forem alcançados, então verificar-se-á uma maior eficiência da linha. O balanceamento pode ser ainda avaliado a partir da percentagem de tempo de inatividade da linha, que será tanto melhor quanto menor o tempo de inatividade existente.

Assim, ainda com os dados recolhidos, é possível apresentar e avaliar soluções de balanceamento da linha para o produto em estudo.

Desta forma, para as soluções de balanceamento são considerados os três cenários de produção já apresentados neste relatório: o cenário simples, em que a tarefa 18, é executada de forma individual (secção 5.2.); o cenário 16S que inclui a execução da tarefa 16S (secção 3.3.) e o cenário 20S, que inclui a tarefa 20S (secção 3.3.).

Para cada balanceamento dos cenários considerados, são calculadas as seguintes variáveis para posterior avaliação das soluções: número teórico mínimo de postos de trabalho, eficiência do balanceamento e percentagem de tempo inativo no balanceamento (calculadas a partir das equações

4, 5 e 6, respetivamente). O número mínimo de postos representa o número de postos para uma linha com eficiência de 100%.

$$K^o = \frac{\sum_{i=1}^n TE_i}{TC}$$

Onde: K^o = Número Teórico Mínimo de Postos de Trabalho
 TE = Tempo de Execução de tarefa
 TC = Tempo de Ciclo

Equação 4 - Número Teórico Mínimo de Postos de Trabalho (Assis, 2011)

Em todos os cenários é considerado um TC de 144 segundos (secção 5.2.), valor este que rege o tempo máximo para cada posto. Assim, tendo em conta o TE de cada tarefa e as respetivas precedências, as tarefas que em conjunto não ultrapassem o TC são agrupadas por posto. Se a adição de uma tarefa ao posto fizer ultrapassar o TC considerado, é criado um novo posto onde é adicionada essa mesma tarefa. Este processo repete-se até que as tarefas do processo produtivo acabem.

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^n TE_i}{K \cdot TC}$$

Onde: ε = Eficiência do Balanceamento
 K = Número Efetivo de Postos Obtidos
 TE = Tempo de Execução de tarefa
 TC = Tempo de Ciclo

$$D = \frac{K \cdot TC - \sum_{i=1}^n TE_i}{K \cdot TC}$$

Onde: D = Percentagem de Tempo Inativo
 K = Número Efetivo de Postos Obtidos
 TE = Tempo de Execução de tarefa
 TC = Tempo de Ciclo

Equação 5 - Eficiência do Balanceamento (Assis, 2011)

Equação 6 - Percentagem de Tempo Inativo (Assis, 2011)

Tendo em conta que, como anteriormente explicado, apenas algumas tarefas têm postos efetivos (tarefas apresentadas na tabela 8), apenas estas participam no balanceamento efetuado, sendo esta uma restrição comum a todos os cenários. Adicionalmente é necessário considerar que todas as tarefas têm de ser executadas de forma sequencial (pela ordem apresentada no diagrama da figura 4, secção 3.3). Neste contexto, realçando que apenas parte das tarefas participam no balanceamento, os resultados obtidos serão interpretados perante os cenários no contexto real (com todas as tarefas incluídas). Deste modo, em termos de interpretação de resultados, o tempo inativo acabará por representar o tempo disponível para a execução de tarefas de execução única (tarefas não incluídas no balanceamento).

Contudo, considerando que não existem quaisquer dados relativos à eficiência de qualquer um dos grupos de tarefas, só desta forma será possível saber qual dos cenários apresenta maior disponibilidade para a execução das tarefas de execução única, assim como em que postos podem ser inseridas essas mesmas tarefas tendo em conta o tempo inativo em cada posto. A percentagem de inatividade acaba, assim por ser a variável com maior peso na avaliação.

Com os resultados obtidos para cada uma das soluções respectivas a cada cenário, é feita uma comparação entre os mesmos, chegando-se a conclusões quanto à solução de balanceamento mais adequada, e quanto ao método de produção mais vantajoso para a empresa.

5.3.1. Balanceamento da linha no Cenário Simples

Relembrando, no Cenário Simples de produção, a tarefa 18 é executada individualmente, excluindo as tarefas 16S e 20S. Na tabela 10, observam-se as tarefas envolvidas e os respectivos TE.

Número da tarefa	TE (segundos)
4	123
5	107
9	64
13	124
14	122
16	65
18	142
20	117
21	86
23	6
25	17
28	11
Total	984

Tabela 10 - Tarefas, e respectivos TE, envolvidas no balanceamento do Cenário Simples

Utilizando a Equação 4 com os valores apresentados na tabela 10 e o valor de TC de 144 segundos, obtém-se um número teórico mínimo de postos de trabalho de 7 postos.

A alocação das tarefas aos postos de trabalho e o total de TE por posto e o respetivo tempo inativo estão representadas na tabela 11.

Em suma, são necessários 9 postos de trabalho efetivos, cada um com uma tarefa, à exceção do último posto que agrupa as últimas 4 tarefas do processo. A quarta coluna corresponde ao tempo inativo por posto, contabilizando-se um total de 312 segundos de inatividade. Através dos dados obtidos, e com o auxílio das equações 5 e 6, conclui-se que a eficiência da linha é de aproximadamente 75,93%. Por outro lado, registou-se uma taxa de 24,07% de inatividade.

Posto	Tarefa alocada	TE (s)	Tempo Inativo p/ posto (s)
1	4	123	$144 - 123 = \mathbf{21}$
2	5	107	$144 - 107 = \mathbf{37}$
3	9	64	$144 - 64 = \mathbf{80}$
4	13	124	$144 - 124 = \mathbf{20}$
5	14	122	$144 - 122 = \mathbf{22}$
6	16	65	$144 - 65 = \mathbf{79}$
7	18	142	$144 - 142 = \mathbf{2}$
8	20	117	$144 - 117 = \mathbf{27}$
9	21	86	$144 - 68 = 58$
	23	6	$58 - 6 = 52$
	25	17	$52 - 17 = 35$
	28	11	$35 - 11 = \mathbf{24}$
Tempo Inativo Total:			312

Tabela 11 - Balanceamento do Cenário Simples

5.3.2. Balanceamento da linha no Cenário 16S

O cenário 16S representa uma das duas formas que a empresa adotou para a produção do produto. Desta forma, a tarefa 16S é incluída e representa a junção da tarefa 16 com a tarefa 18. O balanceamento deste cenário inclui as seguintes tarefas:

Número da tarefa	TE (segundos)
4	123
5	107
9	64
13	124
14	122
16S	78
20	117
21	86
23	6
25	17
28	11
Total	855

Tabela 12 - Tarefas, e respectivos TE, envolvidas no balanceamento do Cenário 16S

Como se verifica pela comparação da tabela 11 e 12, os casos diferem na quantidade de tarefas envolvidas e, naturalmente, no tempo total de TE acumulado. Assim, novamente através da Equação 4, têm-se um número teórico mínimo de postos de trabalho igual a 6 postos, menos um posto que o cenário simples. O balanceamento é apresentado na tabela 13.

Posto	Tarefa alocada	TE (s)	Tempo Inativo p/ posto (s)
1	4	123	$144 - 123 = \mathbf{21}$
2	5	107	$144 - 107 = \mathbf{37}$
3	9	64	$144 - 64 = \mathbf{80}$
4	13	124	$144 - 124 = \mathbf{20}$
5	14	122	$144 - 122 = \mathbf{22}$
6	16S	78	$144 - 78 = \mathbf{66}$
7	20	117	$144 - 117 = \mathbf{27}$
8	21	86	$144 - 68 = 58$
	23	6	$58 - 6 = 52$
	25	17	$52 - 17 = 35$
	28	11	$35 - 11 = \mathbf{24}$
Tempo Inativo Total:			297

Tabela 13 - Balanceamento do Cenário 16S

Consultando a tabela 13, verifica-se, à semelhança do cenário anterior, uma diferença de 2 postos entre o número teórico mínimo e o número de postos atual, sendo necessários 8 postos efetivos. Totalizando 297 segundos de inatividade, esta solução apresenta uma taxa de inatividade de 25,78% e, conseqüentemente, 74,22% de eficiência.

5.3.3. Balanceamento da linha no Cenário 20S

O cenário 20S, à semelhança do cenário 16S, representa uma das formas adotadas pela empresa para produzir o produto. As tarefas que participam no balanceamento deste cenário estão presentes na tarefa 14.

Mais uma vez, através do somatório dos TE das tarefas envolvidas e considerando um TC de 144 segundos, tem-se que o número mínimo é de 6 postos.

Número da tarefa	TE (segundos)
4	123
5	107
9	64
13	124
14	122
16	65
20S	138
21	86
23	6
25	17
28	11
Total	863

Tabela 14 - Tarefas, e respectivos TE, envolvidas no balanceamento do Cenário 20S

Repetindo o método utilizado anteriormente, observa-se o seguinte balanceamento apresentado na tabela 15:

Posto	Tarefa alocada	TE (s)	Tempo Inativo p/ posto (s)
1	4	123	$144 - 123 = \mathbf{21}$
2	5	107	$144 - 107 = \mathbf{37}$
3	9	64	$144 - 64 = \mathbf{80}$
4	13	124	$144 - 124 = \mathbf{20}$
5	14	122	$144 - 122 = \mathbf{22}$
6	16	65	$144 - 65 = \mathbf{79}$
7	20S	138	$144 - 138 = \mathbf{6}$
8	21	86	$144 - 86 = 58$
	23	6	$58 - 6 = 52$
	25	17	$52 - 17 = 35$
	28	11	$35 - 11 = \mathbf{24}$
Tempo Inativo Total:			289

Tabela 15 - Balanceamento do Cenário 20S

Mais uma vez, através da tabela 15 e à semelhança do cenário 16S, verifica-se que são necessários 8 postos de trabalho. Adicionalmente, esta solução apresenta 289 segundos de inatividade, o que se traduz numa taxa de inatividade e eficiência de 25,09% e 74,91%, respetivamente.

5.3.4. Análise e avaliação das soluções de balanceamento dos diversos cenários

Com a análise que se segue, pretende-se compreender as vantagens e desvantagens de cada cenário, bem como qual o cenário de produção mais adequado à empresa considerando as restrições de produção. Na tabela 16 são apresentados os resultados obtidos para os três cenários de balanceamento.

Todos os cenários apresentam uma diferença de 2 postos entre os valores do número mínimo de postos e o número de postos efetivos. Isto significa que todas as soluções apresentadas podem sofrer melhoramentos por forma a que o número atual de postos se aproxime tanto quanto possível do número mínimo de postos. Esta diferença está ainda diretamente relacionada com o tempo inativo e a eficiência de linha, já que quanto maior for a eficiência, menor será a taxa de tempo inativo (valores inversamente proporcionais) e menor será a diferença entre os valores do número mínimo de postos e número de postos atual.

	Cenário Simples	Cenário 16S	Cenário 20S
Total de TE	984 segundos	855 segundos	863 segundos
Nº mínimo de postos	7	6	6
Nº de postos atual	9	8	8
Taxa de Inatividade	24,07%	25,78%	25,09%
Eficiência	75,93%	74,22%	74,91%

Tabela 16 - Resultados das soluções de balanceamento dos três cenários

Relativamente ao cenário simples, este é o que apresenta os melhores valores respeitantes à taxa de inatividade e eficiência, 24,07% e 75,93%, respetivamente. Porém, este cenário apresenta o maior número mínimo de postos e é o que necessita de mais postos efetivos, precisando de 9 postos para realizar as 12 tarefas. Adicionalmente, apesar deste cenário apresentar uma maior eficiência, tendo em conta que é o cenário que detém o maior número de postos efetivos e mais tarefas no processo produtivo, também, consequentemente, apresenta o maior tempo acumulado de TE de tarefas. Esta é a principal razão pela qual é viável agrupar a tarefa 18 com a tarefa 16 ou 20 e pela qual são utilizados os cenários 16S e 20S na produção.

Quanto aos cenários 16S e 18S, verifica-se que apresentam resultados similares. Ambos os cenários têm os mesmos valores de número mínimo de postos e número de postos efetivos, 6 e 8 respetivamente. Assim, e considerando os resultados três cenários, o cenário 20S é o cenário que apresenta maior eficiência, com 74,91%.

Porém, é necessário considerar as restrições inerentes aos cenários apresentados. As soluções de balanceamento foram executadas apenas sobre as tarefas de posto efetivo (tarefas avaliadas pela ExatronicApp, tabela 17, secção 5.1) e, por isso, há uma diferença significativa entre o resultado

teórico e o que se verifica na realidade, ou seja, se fosse possível incluir a totalidade das tarefas envolvidas. Além disso, atualmente, a produção não é feita de forma contínua, ou seja, as tarefas são distribuídas e executadas conforme as necessidades.

Deste modo, os valores de eficiência e inatividade associados aos cenários avaliados, não podem ser considerados literalmente como o que se verifica na realidade, já que o tempo de inatividade representa tempo disponível para a realização de outras tarefas. Quer isto dizer que, quando um colaborador termina uma tarefa, estando na eminência de estar inativo, é-lhe atribuída uma nova tarefa, podendo esta ser de outro produto, nunca chegando assim a estar inativo. Este facto faz com que, no presente caso, o tempo de inatividade represente o tempo disponível para realizar outras tarefas.

Em suma, pode considerar-se que de acordo com os resultados e as restrições impostas, o cenário mais adequado à produção é o cenário 16S. Apesar de apresentar menor eficiência em comparação com o cenário 20S, é este que detém o menor tempo acumulado de TE e também é o cenário onde se identifica mais tempo disponível para realizar outras tarefas, podendo estas tarefas não ter um posto efetivo (tabela 9, secção 5.2) ou tarefas de outros produtos.

Adicionalmente, com o cálculo do IROG das tarefas a partir dos dados recolhidos pela *ExatronicApp*, é possível comparar os resultados em termos de eficiência do melhor resultado de balanceamento com os resultados obtidos em cada uma das tarefas no contexto real.

5.3.4.1. Medição de Eficiência de Tarefas

Por forma a avaliar a eficiência das tarefas e a perceber de forma mais clara os resultados obtidos na secção anterior, foi calculado o IROG das tarefas.

Como referido no enquadramento teórico, secção 2.2., o cálculo do IROG é ajustado ao tipo de recurso. No entanto, no cálculo do mesmo, os recursos não foram diferenciados já que os dados utilizados foram os recolhidos pela *ExatronicApp*. Desta forma, foram considerados para todos os recursos os tempos de paragens reais (registadas e subtraídas ao tempo disponível através do novo sistema) e calculado através da mesma variante da fórmula de IROG (Equação 1, secção 2.2.).

Para o cálculo do IROG foi necessário estimar a quantidade média de produção. Esta estimativa foi baseada nas folhas de objetivo de produção diárias e na estimativa feita pelo gestor de produção (exemplo da folha de objetivo diário em anexo B).

Como se pode verificar consultando a tabela 17, existem quatro tarefas que se destacam por apresentar maior eficiência produtiva (identificadas com o valor de IROG a vermelho). Daqui,

depreende-se que estas tarefas se tratam de possíveis gargalos, já que a partir dos resultados se verifica que são estas que acabam por ditar a cadência da produção (secção 2.1.1.). No entanto, apesar de não ter sido possível calcular o IROG da tarefa 18, uma vez que, como referido anteriormente, esta não entrou no sistema de recolha de dados, seria expectável um valor de IROG mais elevado. Tal aconteceria por esta tarefa ter sido identificada como o RRC do processo produtivo, já que, segundo a empresa, é a tarefa que limita a capacidade de todo o processo produtivo.

Tendo agora em conta os resultados obtidos na secção anterior, onde se conclui que o cenário 16S, considerando as condições de produção atuais, percebe-se que é neste que se apresenta o conjunto de tarefas com menor eficiência (não estando presente a tarefa com maior eficiência). Seguindo a lógica explicada anteriormente, mantendo o cenário que contém o conjunto de tarefas com menor eficiência, é possível salvaguardar mais tempo para a execução de outras tarefas, fazendo com que a ociosidade apresentada se torne, à semelhança da taxa de inatividade apresentada na secção anterior, em tempo disponível.

No entanto, a ociosidade em excesso pode representar perdas caso não seja bem gerida ou identificada ao longo do processo produtivo. Além disso, a ociosidade também pode causar conflitos entre colaboradores de diferentes postos de trabalho, dado que os postos com maior ociosidade acabam por sofrer menor pressão de trabalho relativamente aos restantes.

Número	Nome	Capacidade por Turno (8horas)	IROG ¹
Tarefa 4	Colocar componente A na unidade	235 unidades	85%
Tarefa 5	Colocar componentes B e C na unidade	245 unidades	82%
Tarefa 9	Passar unidade na máquina THT-I	452 unidades	44%
Tarefa 13	<i>Rework</i> pós THT-I	232 unidades	86%
Tarefa 14	Limpeza	237 unidades	84%
Tarefa 16	Colocar componente D na unidade	442 unidades	45%
Tarefa 16S	Colocar componente D na unidade e passar unidade na máquina THT-II	371 unidades	54%
Tarefa 20	<i>Rework</i> pós THT-II	247 unidades	81%
Tarefa 20S	Passar unidade na máquina THT-II e <i>rework</i> pós THT-II	209 unidades	96%
Tarefa 21	Despainelizar	1382 unidades	15%
Tarefa 23	Colocar etiqueta na unidade	4680 unidades	4%
Tarefa 25	Inspeção visual	1692 unidades	12%
Tarefa 28	Embalamento das unidades em caixas	2735 unidades	7%

Tabela 17 - Eficiência das operações por via de cálculo do IROG

¹ Para uma quantidade média de 200 unidades concluídas por turno.

O Gráfico 5 mostra a eficiência de cada tarefa, por ordem decrescente. Além de se verificar uma diferença significativa entre a tarefa com maior e menor eficiência, verifica-se ainda que as tarefas 5 e 20, que dizem respeito, respetivamente, à colocação dos componentes B e C e ao *rework* pós THT-II, têm um IROG muito próximo das tarefas gargalo anteriormente identificadas. Por isso mesmo, estas tarefas estão na eminência de se tornar também gargalos.

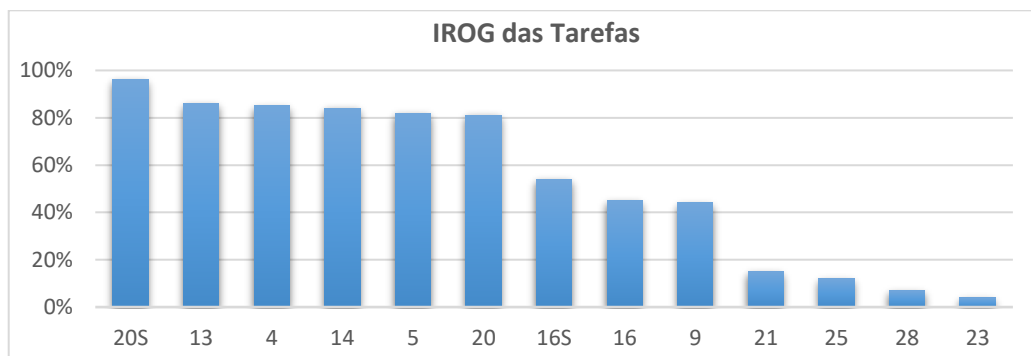


Gráfico 5 - IROG das tarefas por ordem decrescente

Sugere-se por isso que no futuro se trabalhe no sentido a balancear o processo produtivo, com medidas focadas nos gargalos identificados, principalmente no posto da máquina de THT-II que representa o Recurso de Restrição de Capacidade que limita todo o processo produtivo.

5.4. Identificação de problemas na linha de produção

No sentido de encontrar ações que potenciem o aumento de eficiência, por forma a favorecer todo o processo produtivo, a identificação prévia de gargalos é essencial. Esta identificação permite não só evitar o aumento de perdas e custos em ações que não agregam valor ao processo, como também melhorar o balanceamento da linha e eficiência dos postos de trabalho. A aplicação de medidas de melhoramento de processo sobre as tarefas deve ainda ser avaliada de tal forma que garanta que estas medidas representam uma vantagem sobre o processo.

Neste caso de estudo foram considerados gargalos as tarefas que têm um TE superior a 120 segundos. Assim, da recolha de dados feita a partir da ExatronicApp foi possível identificar quatro gargalos (tabela 8, com os respetivos TE a vermelho, secção 5.2). Adicionalmente, como se verificou nos resultados obtidos no cálculo do IROG das tarefas, os gargalos são também aqueles que apresentam os maiores valores de eficiência, estando representados nas primeiras colunas do Gráfico 5 com valores de eficiência entre 84% e 96% (tabela 17, secção 5.3.4.1.). Além destes, a tarefa 18 foi antecipadamente identificada como gargalo pela empresa, razão pela qual esta tarefa, em termos de execução, é agrupada com a tarefa 16 ou 20, conforme seja conveniente à produção.

Uma vez identificados os gargalos, é necessário estudar-se qual a razão ou razões destes apresentarem os TE mais elevados do processo produtivo. Para isso, foram identificados os focos de ação de cada um deles e foi analisada a melhor forma de se atuar (tabela 18).

Linha	Tarefa	Nome	TE (s/uni)	Foco de ação
THT-I	4	Colocar componente A na unidade	123	- Armazenamento e exposição dos componentes
	13	<i>Rework</i> pós THT-I	124	- Qualidade da solda - Validação dos parâmetros da máquina - Armazenamento dos componentes
	14	Limpeza	122	- Qualidade da solda - Validação dos parâmetros da máquina - Qualidade dos produtos de limpeza
THT-II	18	Passar unidade na máquina THT-II	142	- Automatização da máquina THT-II
	20S	Passar unidade na máquina THT-II e <i>rework</i> pós THT-II	138	- Automatização da máquina THT-II - Armazenamento e exposição dos componentes

Tabela 18 - Tarefas identificadas como gargalos e respetivos focos de ação

Como se pode observar, as tarefas gargalo estão repartidas entre as linhas THT-I e THT-II. Assim, as medidas para melhorar a eficiência destas tarefas estarão diretamente relacionadas com as mesmas (tabela 18).

Relativamente à tarefa 4, “Colocação do componente A na unidade”, esta consiste no encaixe de 18 componentes iguais. Aquando da colocação de cada componente, o colaborador tem de verificar a orientação do mesmo, já que este tem de ser encaixado numa determinada posição. Observou-se que os componentes vêm em sacos, sem qualquer organização, dificultando ao colaborador a sua colocação. Como se verificou a partir dos dados recolhidos, apesar de não ser a tarefa com maior TE, o posto desta apresenta uma capacidade pequena em comparação com os outros postos (tabela 18, secção 5.2), podendo facilmente limitar a produção caso aconteça alguma falha ou anomalia de produção.

Assim, como referido no enquadramento teórico (secção 2.1), seria possível evitar o desperdício de tempo através da diminuição dos movimentos executados pelo colaborador. Dever-se-ia, por isso, dar enfoque ao armazenamento e exposição dos componentes no posto de trabalho aferido à tarefa (tabela 18). A possibilidade do componente A ser acondicionado de forma a evitar que o colaborador tenha de perder tempo a orientar o componente para o encaixe correto poderia ser uma medida a tomar nesse sentido.

O segundo gargalo foi identificado na tarefa 13, “Rework pós THT-I” que é realizada imediatamente após a passagem da unidade pela máquina THT-I, onde esta passa a primeira vez por solda, soldando os componentes do tipo A, B e C à unidade. Assim, na tarefa 13, o colaborador tem de verificar se todos os pinos dos componentes ficaram bem soldados e fazer soldadura manual se necessário, fazendo com que esta seja uma tarefa que exige um grau elevado de observação e cuidado.

Apesar da tarefa 13 não acrescentar valor ao produto, serve para garantir que a unidade segue para a próxima tarefa sem qualquer anomalia, sendo-lhe atribuído grande valor a nível da qualidade do produto. Esta tarefa deveria ser de rápida execução, já que o esperado seria somente verificar a qualidade do produto e fazer rework sobre este apenas se necessário. No entanto, esta tarefa tem um TE elevado, justificado pelo facto de se verificar que 100% das unidades que passam pela máquina THT-I necessitam de *rework*, uma vez que esta não consegue que a solda cubra todos os pinos dos componentes, obrigando a uma soldadura manual em todas as placas. Além deste inconveniente, por vezes os componentes ficam soldados de forma incorreta, ou mesmo danificados, sendo necessário um *rework* ainda mais exigente ou, em casos mais extremos, que produto tenha de seguir para a sucata.

Considerando as anomalias mencionadas, foram analisadas possíveis causas para as mesmas. Assim, como mencionado na tabela 18, os principais focos de ação devem passar por manter um acompanhamento mais rígido dos parâmetros da máquina THT-I, a qualidade da solda e o armazenamento dos componentes. Com a utilização contínua da máquina, os seus parâmetros podem modificar-se fazendo com que a qualidade da solda diminua. Desta forma, um maior rigor na verificação e monitorização dos parâmetros aquando a utilização, pode garantir que a solda mantém as características adequadas (como por exemplo a temperatura) desde o início até ao fim da produção e melhorar assim a eficácia da máquina. Além disso, devem ser analisadas as características da solda e se uma mudança de fornecedor para uma solda de melhor qualidade não iria prevenir a falha de solda nos pinos. Apesar da mudança de fornecedor de solda poder significar um aumento do preço da mesma, se isso se traduzir numa diminuição da mão-de-obra no *rework* pós THT-I, esta mudança pode tornar-se uma mais valia.

Adicionalmente, à semelhança da tarefa 4, um melhor armazenamento dos componentes pode também tornar-se uma mais valia na eficácia da máquina THT-I. Se os componentes estiverem muito tempo expostos ao ar livre, há a possibilidade de os pinos dos componentes oxidarem, dificultando a soldagem dos mesmo à unidade. Assim, seria vantajoso se os pinos estivessem armazenados de forma a que fiquem mais protegidos.

O último gargalo pertencente à linha THT-I é a tarefa 14 que sucede o *rework* THT-I e diz respeito à limpeza das máquinas. Esta tarefa é totalmente manual e consiste apenas, como o nome indica, na

limpeza da unidade por via de químicos para retirar o excesso de solda da unidade e uniformizar o aspeto da mesma. À semelhança da tarefa 13, esta tarefa não acrescenta valor ao produto. Mais uma vez, a qualidade da solda pode interferir no TE desta tarefa, já que as características da solda estão diretamente relacionadas com a solda em excesso que se observa nas unidades. No entanto, também deve ser questionada a qualidade dos produtos de limpeza usados na remoção de solda.

Já na linha THT-II encontra-se a tarefa 18, “Passar a unidade na máquina THT-II”. Nesta tarefa, os componentes D são soldados à unidade na máquina THT-II, sendo a única intervenção do colaborador necessária para inserir e remover a unidade na máquina. Assim, para a tarefa referida, não é exigido que um colaborador fique afeto a esse posto durante todo o seu tempo de produção por cada unidade. Por forma a não desperdiçar o tempo de inatividade que um colaborador teria caso ficasse afeto apenas a esta tarefa, tornou-se viável para a produção agrupar a execução desta tarefa com a tarefa que a sucede ou antecede, como explicado anteriormente. Porém, estando o colaborador a executar as duas tarefas ao mesmo tempo (sendo as tarefas 16S e 20S o resultado da junção de duas tarefas), este não consegue manter a disponibilidade da máquina THT-II, já que a interrupção entre tarefas origina perdas de tempo.

Ainda neste contexto, sempre que existe a impossibilidade de se realizar a tarefa 16S, ou seja, quando a tarefa 16 já não tem unidades em curso, existe a necessidade da tarefa da passagem da unidade pela máquina THT-II ser agrupada com a tarefa que a sucede, “Passar unidade na máquina THT-II e *rework* pós THT-II”. Como consequência, a tarefa de *rework* pós THT-II, agora 20S, passa a ser um gargalo.

Relativamente a possíveis ações para melhoria da etapa em que a unidade passa pela máquina THT-II, poderiam ser considerados procedimentos que tomassem a etapa totalmente automatizada. Esta medida, faria com que a capacidade da máquina aumentasse, dada a eliminação da intervenção do colaborador nesta tarefa.

Considerando ainda a possibilidade de automatização da máquina THT-II através da eliminação da intervenção dos colaboradores que realizam as tarefas 16 e 20, as tarefas 16S e 20S deixariam de fazer parte do processo produtivo. Assim, seria eliminado também o gargalo localizado na tarefa 20S, “Passar unidade na máquina THT-II e *rework* pós THT-II”.

Por fim, tendo sido identificadas as tarefas gargalo ao longo do processo produtivo, pode ser considerada a eliminação de intervalos de execução de tarefas, ou seja, nas pausas planeadas de produção, como hora de almoço ou lanche, sejam planeados horários de troca de colaboradores para que as tarefas em questão nunca sejam interrompidas.

Com a aplicação das medidas referidas, espera-se não só que a capacidade de produção aumente, como também haja uma diminuição nos TE de tarefas, no TC e *Lead Time* do produto, podendo ainda estas medidas influenciar os resultados em termos de balanceamento e afetação de postos. Contudo, é necessário verificar que forma é que as medidas, se aplicadas, interferem nos pontos referidos. Assim, como referido anteriormente, as medidas devem ser avaliadas comparando os resultados obtidos com os dados atuais (depois de serem aplicadas as medidas). Desta forma, após a entrada em vigor destas medidas, terá de ser feita uma nova recolha de dados, através da ExatronicApp, e uma nova análise destes. Na nova análise, o principal foco será a comparação entre os resultados obtidos ao longo do presente caso de estudo com os novos resultados, realçando o impacto destas medidas sobre os pontos referidos.

6. Considerações Finais

O presente estudo incidiu sobre um caso real associado a uma empresa portuguesa orientada para a criação de soluções na área da eletrónica que iniciou recentemente o fabrico de produtos eletrónicos na sua sede. Nesta foi proposto identificar e solucionar problemas no contexto do departamento da produção, com o objetivo de aumentar a eficiência do processo produtivo de um determinado produto.

Assim, tendo como foco o processo produtivo de uma placa eletrónica, produto escolhido para este caso de estudo, verificou-se que não só existia uma escassa documentação informativa acerca do produto (desde a descrição das tarefas envolvidas no mesmo, identificação de fontes de erros ou instruções de execução de tarefas), como também uma lacuna no fluxo de informação sobre o processo de produção no chão-de-fábrica. Tal falta de informação pode levar ao aumento de vários tipos de desperdícios no processo produtivo, como a lacuna no controlo de matérias consumidas ou processadas, a esperas desnecessárias de colaboradores durante a produção (seja para iniciar, executar ou finalizar uma tarefa) ou o aumento de defeitos de produtos. Neste sentido, a implementação de medidas *Lean Thinking* foi altamente vantajosa por forma a atingir melhores resultados no processo produtivo descrito neste trabalho.

Adicionalmente verificou-se que o sistema atual utilizado é totalmente manual e que, além de não garantir dados precisos e consistentes, levava ao atraso na disponibilização de informação afetando não só os TE, TC e *Lead Time*, como também o tempo de resposta a anomalias por parte dos gestores de operações. Isto leva a que a produtividade operacional e, por consequência, a satisfação dos clientes seja afetada. Neste sentido, concluiu-se que o problema descrito se deve principalmente ao facto da empresa manter um sistema de controlo e monitorização de dados pouco organizado e eficiente.

Considerando os problemas identificados, procurando aumentar a eficiência e diminuir o desperdício de custos e de tempo do processo produtivo, foi feita uma pesquisa sobre sistemas de informação ligados à recolha de dados, nomeadamente os sistemas MES. Verificou-se que, tendo por base as principais funcionalidades destes, o desenvolvimento de um novo sistema de recolha de dados seria uma mais valia. No entanto, as funcionalidades do novo sistema teriam de ser adaptadas às necessidades e limitações do processo produtivo e do chão-de-fábrica, já que se trata de um processo produtivo maioritariamente manual.

Neste seguimento, foi proposto e avaliado em termos de viabilidade um novo sistema de recolha e armazenamento de dados. O objetivo seria apoiar o controlo e planeamento da produção da empresa à qual este estudo se incide. O sistema proposto tratou-se de uma aplicação móvel, intitulada de

ExatronicApp, desenvolvida para ser suportada por dispositivos *Android*, o sistema operativo mais utilizado a nível mundial, ocupando cerca de 82.8% do mercado.

O principal objetivo da aplicação, por um lado, foi o de garantir o registo de dados em tempo real através de um processo simples e intuitivo. Por outro lado, outros dos objetivos foi o de assegurar a precisão dos dados de modo a potenciar a qualidade das decisões tomadas pelos gestores não só no planeamento da produção como também na gestão dos recursos humanos.

As suas funcionalidades foram testadas durante um período de teste que englobou algumas ordens de produção e onde foram recolhidos dados para análise do produto sobre a qual este trabalho incidiu. Desta forma, foi possível retirar conclusões quanto a TE, TC e a *Lead Time* relativos ao produto, bem como detetar gargalos do processo produtivo. Com os dados recolhidos foi ainda possível fazer balanceamento de linha e perceber qual o melhor método de produção.

No sentido de avaliar a aplicação em termos do seu impacto na otimização dos processos envolvidos e a viabilidade da sua utilização, foi conduzido um estudo junto aos potenciais utilizadores. Este estudo revelou uma grande aceitação e atitude positiva dos utilizadores face ao uso da nova solução, assim como ganhos operacionais promovidos com a utilização da mesma. Isto indica que, possivelmente, haveria poucos entraves na transição do sistema atual para um sistema totalmente tecnológico.

Relativamente ao processo produtivo, através dos dados recolhidos, foi possível calcular o TC e *Lead Time*. Assim, chegou-se a um TC de 144 segundos e a um *Lead Time* para uma OP base de 250 unidades de 66 horas e 31 minutos.

Relativamente às conclusões retiradas a partir do balanceamento do processo, apesar deste apenas incluir as tarefas de posto fixo, revelou-se um método bastante útil para demonstrar quanto tempo disponível existe para executar as tarefas de execução única ou mesmo para tarefas de outros produtos. A determinação do tempo disponível é essencial para evitar desperdícios de tempo na produção e aumentar a eficiência da mesma.

Assim, através do balanceamento feito sobre os três cenários de produção (que representam os três métodos diferentes de produção do produto), verificou-se que o cenário simples é o menos vantajoso. Neste cenário a tarefa 18, “Passar a unidade na máquina THT-II”, é executada singularmente e é o cenário que, entre os três, apresenta o maior número de postos necessários. Este facto era expectável tendo em conta que é essa a principal razão pela qual a tarefa 18 é atualmente agrupada ou com a tarefa 16 ou 20 e, consequentemente, foram criados os cenários 16S e 20S. Estes últimos cenários representam assim os dois métodos diferentes de produzir o produto do caso de estudo. Destes, o cenário 16S mostrou-se o mais vantajoso, já que apresenta maior taxa de inatividade, 25.78%. Ao

contrário das análises normais de balanceamento, a taxa de inatividade é a variável mais importante, porque representa o tempo sobran­te das tarefas de posto fixo, tempo este utilizado para executar as tarefas não incluídas no balanceamento.

Foi ainda possível identificar através dos dados recolhidos e resultados obtidos a partir do cálculo do IROG das tarefas que, entre as tarefas monitorizadas, existem quatro gargalos: colocação do componente A, *rework* pós THT-I, limpeza e passagem da unidade THT-II.

Por fim, conclui-se que os objetivos propostos inicialmente foram cumpridos, verificando-se que a implementação definitiva do sistema de recolha de dados desenvolvido não só traria grandes vantagens ao departamento de produção, como também auxiliaria os gestores de produção na contínua identificação de anomalias e desperdícios. Desta forma, estes teriam ainda maior facilidade na toma de medidas no sentido de otimizar o uso de todos os recursos da produção.

Deste trabalho, resultou ainda um estudo intitulado “Aplicações Móveis no Sector Industrial: desenvolvimento e avaliação de uma solução de apoio ao registo de dados para o planeamento e controlo da produção”, que incidiu sobre os resultados do capítulo 4, tendo sido apresentado na Conferência Anual da Associação Portuguesa dos Sistemas de Informação em 2016.

6.1. Trabalho Futuro

Mantendo presente uma perspectiva de melhoria contínua, foi possível identificar focos de trabalho a desenvolver futuramente. Assim sendo, os próximos passos devem passar pela melhoria do sistema de recolha de dados desenvolvido e pela toma de medidas indidentes ao processo produtivo por forma a, não só melhorar a sua eficiência, como também diminuir desperdícios identificados.

Assim, uma vez testado o novo conceito de sistema de recolha de dados em aplicação *Android*, tendo em conta a obtenção de resultados promissores relativamente ao sistema desenvolvido, pretende-se como trabalho futuro (i) alargar a presente solução a outras áreas da produção, resultando na inclusão de novos atores e processos de informação, (ii) integrar esta aplicação numa base de dados em rede, ou mesmo com o sistema ERP atualmente existente na empresa e (iii) estender as funcionalidades da mesma para auxiliar a gestão de recursos humanos, como, por exemplo, distribuição de tarefas aos colaboradores. Desta forma, não só se promoveria o registo integral de todos os dados gerados pelas atividades diárias das operações (necessários para o planeamento e controlo da produção), como também se impulsionaria uma melhoria na integração dos fluxos de informação entre o chão-de-fábrica e as estruturas de gestão.

Relativamente ao processo produtivo, com o objetivo de diminuir os tempos de execução das tarefas gargalo identificadas e, possivelmente, diminuir o TC e *Lead Time* do produto, propôs-se que fossem consideradas medidas de ação que dessem enfoque (i) a uma melhor qualidade da matéria-prima, considerando por exemplo melhores ofertas por parte de fornecedores, (ii) ao aumento de manutenção e supervisão da máquina THT-I, no sentido de diminuir/evitar trabalho de *rework* e limpeza e (iii) a uma melhor forma de armazenamento e aprovisionamento da matéria-prima, com o intuito de facilitar a execução de tarefas e preservar a qualidade da mesma até que esta seja utilizada.

Por último, uma vez que se concluiu que, dos dois cenários representativos dos métodos usados para a produção, o cenário 16S mostrou melhores resultados, é aconselhada a padronização do processo produtivo, mantendo ativo apenas um método de produção.

7. Referências

- Android N Developer Preview*. (22 de Janeiro de 2015). Obtido de <http://developer.android.com/about/dashboards/index.html>
- Assis, R. (2011). *Balanceamento de uma Linha de Produção*.
- Besteiro, D. (2010). *Análise de Modelação de Processos - Aplicação na Especificação de um Sistema de Execução Fabril*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Bezerra, E. (2002). *Princípios de análise e projeto de sistemas com UML*. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier.
- Boddy, L., Boonstra, A., & Kennedy, G. (2008). *Managing Information Systems - Strategy and Organisation*. Prentice Hall.
- Burch, J., & Grudnitsky, G. (1989). *Information Systems: Theory and Practice*. USA: Wiley.
- Corrêa, H. L., & Corrêa, C. A. (2004). *Administração de Produção e Operações*. São Paulo: Atlas.
- Corrêa, H., & Giansesi, I. (1993). *Just in time, MRPII e OPT*. São Paulo: Atlas.
- Costa, R., & Cleto, M. (2002). Rendimento Operacional Global e o Pensamento Enxuto: Abordagens Convergentes de Manufatura. *ENEGEP* (pp. 1-2). Curitiba: ABEPRO.
- Cox III, J., & Spencer, M. (2002). *Manual da teoria das restrições*. Porto Alegre: bookman.
- Dettmer, W. H. (2001). *Beyond Lean manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for higher performance*. US: Port Angeles.
- Drew, J., McCallum, B., & Roggenhofer, S. (2004). *Journey T Lean - Making Operational Change Stick*. Great Britain: Palgrave Macmillan UK.
- Gasperin, C., & Palomino, R. (2006). Aplicação do índice de eficiência global dos equipamentos numa indústria metal-mecânica de pequeno porte. *XIII SIMPEP*, 2.
- Gouveia, L. B. (2000). *Gestão de Informação: Fluxo de informação e aplicações tipo*. Porto.
- Jagdale, K., Patil, S., & Parshandekar, S. (2015). A Smart Manufacturing Execution System. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 14-28.
- Laudon, J., & Laudon, K. (2007). *Essentials of business information systems*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Laudon, K., & Laudon, J. (2011). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Lee, A. M. (2011). *Lean Six Sigma – O 1º passo para Sistemas de Informação mais eficazes*. Pontos de Vista.
- Manufacturing Execution Systems Association. (1997). *The Benefits of MES: A Report from the Field*. MESA International – White Paper Number 1.

- Mckay, N., & Wiers, V. (2004). *Practical Production Control: A survival guide for Planners and Schedulers*. J. Ross publishing.
- Meyer, H. (2013). OS Independent Mobile Solutions for Manufacturing Execution Systems. *Systematics, cybernetics and informatics*.
- Miershawka, V., & Olmedo, N. (1993). *Manutenção: Combate aos Custos da Não eficácia - A vez do Brasil*. São Paulo: Makron Books.
- Moigne, L. (1974). *Les Systèmes de Décision dans les Organisations*. Paris: Presses Universitaires de France.
- O'Brien, J., & Marakas, G. (2008). *Management information systems*. Boston: McGraw- Hill/Irwin.
- Pinto, A. B. (2008). *Análise do Processo Produtivo na Indústria do Lápis*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean - A Filosofia das Organizações Vencedoras*. Lisboa: Lidel.
- Rabbani, M., Pingenot, A., Jibran, F., Khan, Y., & Naqvi, R. (2013). Modeling and Simulation Approach for and Industrial Manufacturing Execution System. *International Conference on System Engineering and Technology*. Shah Alam.
- Ranito, J., & Gouveia, L. (2004). *Sistemas de Informação de Apoio à Gestão*. Porto: Inovação e Governação nas Autarquias.
- Rascão, J. (2004). *Sistemas de Informação para Organizações - A Informação Chave para a Tomada de Decisão*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Reynolds, G., & Stair, R. (2008). *Principles of Information Systems*. Canada: Thomson Course Technology.
- Rother, M., & Harris, R. (2001). *Creating Continuous Flow: an action guide for managers, engineers & production associates*. Lean Enterprise Institute.
- Simaria, A. S., & Vilarinho, P. M. (2004). "A genetic algorithm based approach to the mixed model assembly line balancing problem of type II. *Computers & Industrial Engineering*, 391-407.
- Smartphone OS Market Share*. (23 de January de 2016). Obtido de <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>
- Stair, R., & Reynolds, G. (2003). *Principles os Information Systems: a managerial approach*. Thomson.
- Stevenson, W. J. (2001). *Administração das Operações de Produção*. Rio de Janeiro: LTC.
- Vargas, T. S. (2007). A história de UML e seus diagramas Thânia. *Departamento de Informática e Estatística - Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil*.
- Verde, L. (1997). *Livro Verde para a Sociedade de Informação em Portugal*. Lisboa: Missão para a Sociedade Informação - Ministério da Ciência e da Tecnologia.
- Werkema, M. C. (2006). *Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing*. Belo Horizonte: Werkema Editora.

- Whitten, L. J., Bentley, D. L., Dittman, & C. K. (2004). *Systems Analysis and Design Methods*. Boston: McGraw-Hill Irwin.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson Associates.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Londres: Rawson Associates.
- Womack, P., & Jones, T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. Londres: Simon & Schuster.
- Woomack, J., & Jones, D. (2004). *A mentalidade Enxuta nas empresas - Lean Thinking*. Rio de Janeiro: Campus.

8. Anexos

A. Descrição das operações

A. Linha SMT

Nome	Designação
A1	Dispensing
A2	Programação Printer e P&P
A3	Preparação de Feeders
A4	Preparação de Feeders
A5	Colocação Manual de componentes
A6	Setup linha SMT
A7	Montagem e soldadura SMT
A8	Traçar perfil
A9	Inspeção AOI
A10	Acompanhamento da Produção
A11	Re-Work após linha SMT
A12	Limpeza de produto após re-work
A13	Inspeção visual
A14	Limpeza da linha SMT

B. Linha THT - I

Nome	Designação
B1	Preparação de materiais
B2	Colocação de componentes
B3	Startup Máquina THT -I
B4	Setup Máquina THT -I
B5	Operação na Máquina THT -I
B6	Re-work após Máquina THT -I
B7	Limpeza de produto após Máquina THT -I
B8	Limpeza da Máquina THT -I

C. Linha THT - II

Nome	Designação
C1	Preparação de materiais
C2	Colocação de componentes
C3	Startup Máquina THT -II
C4	Setup Máquina THT -II
C5	Operação na Máquina THT -II
C6	Re-work após Máquina THT -II

D. Linha THT- Manual

Nome	Designação
D1	Preparação de materiais
D2	Despinalização
D3	Colocação de componentes
D4	Soldadura Manual
D5	Limpeza do produto após soldadura manual
D6	Limpeza do posto de trabalho

E. Linha Manual

Nome	Designação
E1	Inspeção visual
E2	Despainelização
E3	Re-work
E4	Envernizamento
E5	Programação
E6	Preparação de materiais para montagem eletromecânica
E7	Montagem eletromecânica
E8	Testes
E9	Controlo de Qualidade
E10	Colocação do Número de Série
E11	Embalamento e envio

B. Folha de Objetivos diários

Modelo _____

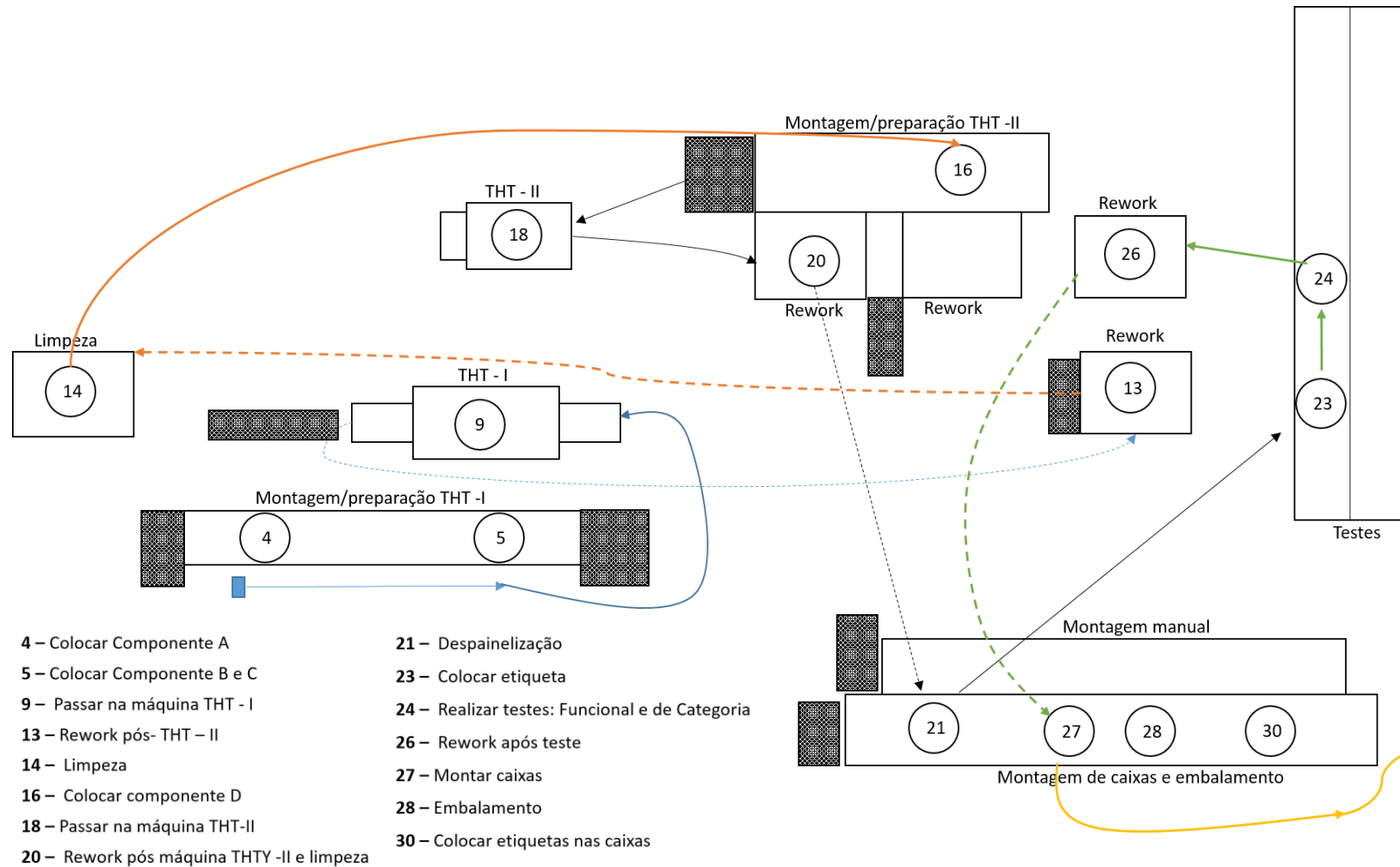
OP _____

Tarefa _____

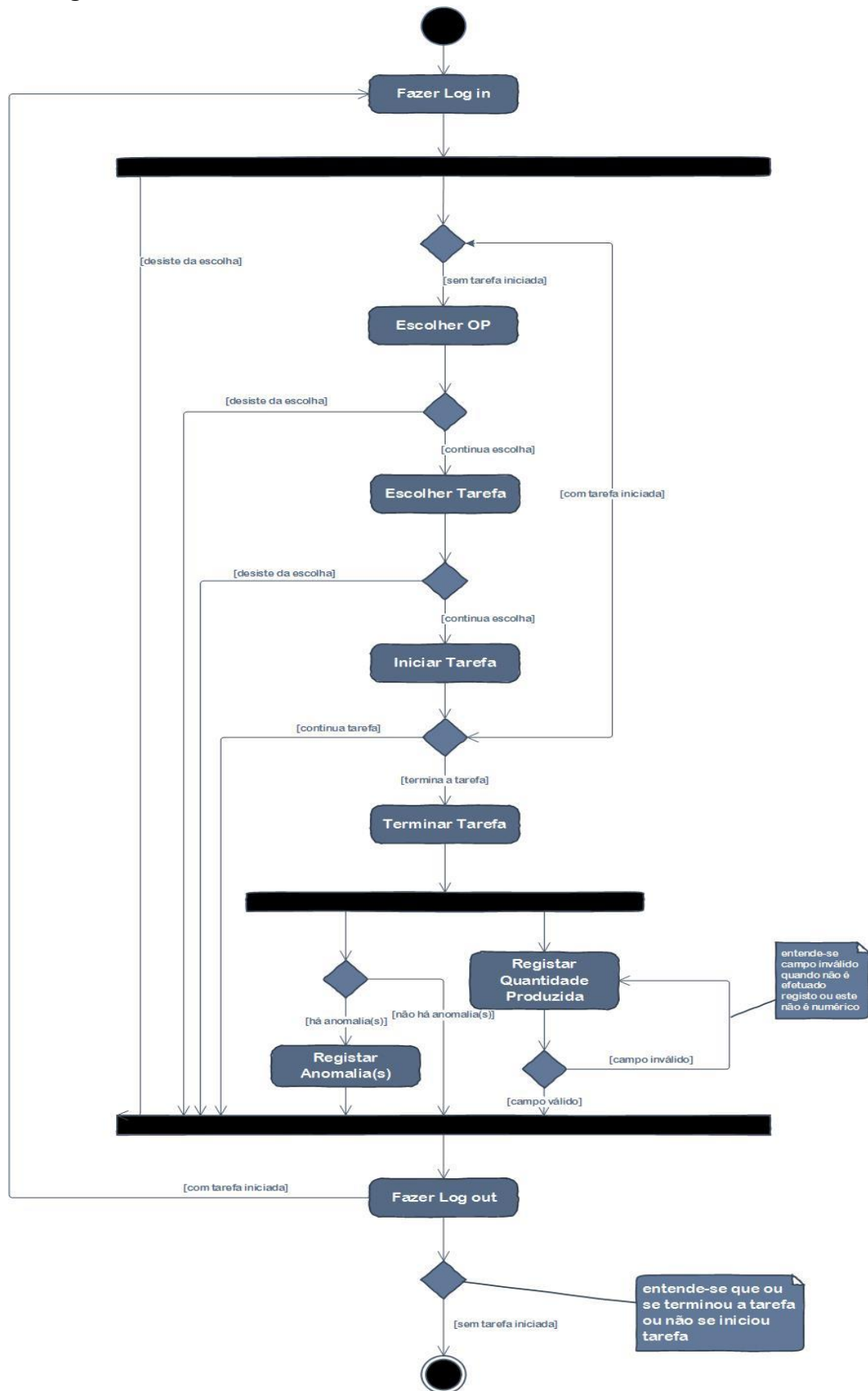
Objetivo diário _____

[illegible]

D. Layout do processo produtivo ao longo do chão-de-fábrica



E. Diagrama de atividades



F. Questionário

Idade: ____ Sexo: F ____ M ____

Dia: __/__/____

O presente questionário faz parte de um estudo onde se pretende tirar conclusões quanto à viabilidade da utilização de um sistema digital para recolha de dados na Produção da Exatronic.

O questionário dura apenas 5 minutos. As suas respostas serão tratadas de forma anónima. O questionário estará focado na experiência dos colaboradores que tiveram contacto com a aplicação desenvolvida, ExatronicApp, e qual a sua opinião quanto à experiência tida.

Leia atentamente as afirmações e coloque uma cruz (X) onde melhor a avaliação se adequa, podendo variar entre “**Discordo totalmente**” e “**Concordo totalmente**”.

Parte I – Contato com tecnologia Android (Smartphone ou tablet)

Afirmações	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo /nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
1. Já tive contato com aparelhos com sistema Android					
2. Sinto-me à vontade a usar aparelhos com sistema Android					
3. Tenho contato diário com aparelhos com sistema Android					
4. Aprendo de forma autónoma a lidar com sistemas Android					
5. Necessito de formação/ajuda para lidar com sistemas Android					

II Parte – Utilização da ExatronicApp

Afirmações	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo /nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
6. Tive muito contato com a aplicação ExatronicApp nas últimas semanas.					
7. Aprendi rapidamente a utilizar a ExatronicApp.					
8. Considero mais prático anotar dados relativos à produção em papel do que na ExatronicApp.					
9. Sou capaz de usar sozinho(a) a ExatronicApp.					

Afirmações	Discordo totalmente	Discordo	Não concordo /nem discordo	Concordo	Concordo totalmente
10. Não entendi o objetivo de ter usado a ExatronicApp na produção.					
11. Acho mais prático apenas confirmar as horas a que comecei e acabei a minha tarefa, à semelhança do que fiz com a ExatronicApp.					
12. Lembro-me mais vezes de apontar anomalias detetadas se usar a ExatronicApp.					
13. Na aplicação ExatronicApp, é fácil identificar qual o produto de cada Ordem de Produção ativa.					
14. Considero que seria mais prático se as informações sobre as Ordens de Produção ativas estivessem todas no mesmo sítio, à semelhança da ExatronicApp.					
15. É mais rápido preencher dados na ExatronicApp do que na folha Ordem de Produção					
16. Achei que o funcionamento da ExatronicApp é confuso.					
17. Considero mais prático ser eu a estar atento(a) e apontar as horas a que começo e finalizo uma tarefa, à semelhança do que já faço nas folhas de Ordem de Produção.					
18. Na aplicação ExatronicApp, consigo facilmente identificar qual a tarefa que vou começar a fazer.					
19. Sempre que comecei uma tarefa na ExatronicApp, confirmei as instruções de execução da tarefa.					
20. Costumo preencher as anomalias que encontro nas tarefas que realizo, na folha de Ordem de Produção.					
21. No futuro, preferia apontar dados de produção apenas por um sistema digital igual ou semelhante à ExatronicApp.					

Observações/Sugestões:

Obrigada ☺